

パキスタン・イスラム共和国
ファイサラバード開発庁
ファイサラバード上下水道公社

パキスタン国
ファイサラバード下水・排水能力強化計画

協力準備調査報告書

平成 24 年 3 月
(2012 年)

独立行政法人国際協力機構(JICA)
日本テクノ株式会社

要 約

要 約

① 国の概要

パキスタン・イスラム共和国（以下、「パ国」と略す）は南西アジアに位置し、東はインド、西はイランとアフガニスタン、南はアラビア海に面し、国土面積は 79.6 万 km² である。同国総人口は 2008 年約 1.66 億人（世銀）と推定されるが、地方人口が 2/3 を占め、そのうち 68% は農業従事者であり、農業が国家経済基盤の主要素の一つとなっている。本計画の対象地域であるファイサラバード市は、インダス川とその支流を結ぶ運河・用水路網が整備された国土随一の穀倉地を形成するパンジャブ州の中央部に位置し、1998 年の国勢調査結果によると、人口規模で全国第三位に達し、2009 年には約 270 万人に達したと推定される。同市は 1960 年代に地域の農業集約センターとして町づくりが始まったが、繊維産業の勃興により急成長し、現在では同国有数の工業都市として発展している。

② 要請プロジェクトの背景、経緯及び概要

ファイサラバード市は、カラチ市、ラホール市に次ぐ「パ」国第 3 の都市で（人口約 270 万人：2009 年推計）、繊維、家具を中心とする同国有数の産業都市でもある。同市では、1976 年に ADB が作成した上下水道マスター・プラン（1993 年に世銀が改訂）に基づき、ADB 及び州政府予算により主に上水道施設の新設・更新が進められてきたが、2000 年に遅れて完成したのは第 1 期分のみで、下水・排水については、上水道と比べ相対的に整備が遅れている。ポンプ、清掃機材の老朽化も顕著であり、ポンプは約 3 割が故障、また、清掃機材についても 1980 年代に導入されたものがほとんどである。

このような背景の下、「パ」国政府は、日本政府に対してファイサラバード市内で慢性的に発生している浸水被害及び雨季に集中する冠水被害を軽減するために、老朽化したポンプや清掃機材の更新に関する無償資金協力「ファイサラバード下水・排水能力改善計画」の要請を行った。

③ 調査結果の概要とプロジェクトの内容

2010 年 11 月～12 月の現地調査において、2010 年 11 月 11 日時点での WASA ファイサラバードからの要望内容の確認は、表-1 の通りである。各種機材の要請台数に係る変更は無く、各種機材の使用目的に沿った優先順位が実施機関より説明され、調査団はこれらの内容の詳細につき技術調査を継続した。

表-1 要請内容の確認 (2010年11月11日)

No.	項目	要請内容		確認内容 (2010年11月11日)	
		仕様	数量	使用目的	優先度
1	高圧洗浄車	タンク容量: 4,000lit.	12	下水清掃	高
2	汚泥吸引車	タンク容量: 4,000lit.	2	下水清掃	高
3	バックホウ	バケットサイズ: 0.35m ³	2	下水溝浚渫	高
4	バケット・クレーン	吊能力: 12 ton ブーム長: 23.8m ジブ長: 5.5m	4	下水溝浚渫	高
5	ダンプトラック	積載重量: 4ton	6	汚泥運搬	高
6	排水ポンプセット	1 cfs (ディーゼル)	24	緊急排水	中
		4 cfs (ディーゼル)	12		
		4 cfs (電気)	6		
7	ポンプ場内ポンプ	4 cfs	15	排水機材更新	高
		6 cfs	8		
		15 cfs	7		
		25 cfs	6		
8	同上発電機	100 kVA	1	発電機材更新	高
		200 kVA	1		
		300 kVA	1		
		500 kVA	1		
		635 kVA	1		
		730 kVA	1		
9	トラクター及び運搬車	-	4	移動運搬	中
10	ステーション・ワゴン	-	12	移動運搬	中
11	ピックアップ・トラック	4×4 ダブルキャビン	6	移動運搬	中
12	安全装備	酸素ボンベ、マスク、潜水用具	12	下水清掃安全器具	高
13	コンピュータ及びソフトウェア	-	1	データ管理 モニタリング	低
14	通信機器	-	49	通信連絡	高
15	ガレージ、ワークショップ	-	1	維持管理	中
16	モニタリング・評価システム及び機材	-	1	評価機材	低

調査団は技術調査を2010年12月2日まで継続し、その際、実施機関 WASA は表-2 に示す要請機材の数量と仕様について、変更を要望した。

- 1) 要請機材の数量については、日本側の予算的な制約から全ての機材が調達できない場合を想定して既に WASA 側の優先順位を高、中、低に分類しているが、具体的な数量についての要望は、各種機材の優先度に応じて検討する。優先度の低いものについては WASA 独自の予算で調達可能かどうか独自に検討することで、オプション1とオプション2について調査団に提案した。
- 2) 下記の機材については、緊急性や全体計画に占める位置付について協議した結果、WASA が、これら機材の優先順位を低くすると共に、自助努力での調達を検討することとなり対象から削除された。
 - ① 四輪駆動車 (Station Wagon) : 12 台
 - ② 安全装備 (下水清掃用酸素マスク、酸素ボンベ、潜水着衣他) : 12 式
 - ③ モニタリング用コンピュータ機器及びソフト : 1 式
 - ④ 通信機器 : 49 式
 - ⑤ ガレージ、ワークショップ : 1 式

⑥ モニタリング評価システム及び機材：1式

表-2 要請内容の現地調査結果による再確認 (2010年12月2日)

No.	項目	要請内容		変更提案 (2010年12月2日)			
		仕様	数量	仕様	数量*1		優先度
					オプション1	オプション2	
1	高圧洗浄車	タンク容量: 4,000lit.	12	既存同様	12	8	高
2	汚泥吸引車	タンク容量: 4,000lit.	2	既存同様	2	2	高
3	バックホウ B	バケットサイズ: 0.35m ³	2	中型	1	1	高
				小型	1	1	
4	バケット・クレーン	吊能力: 12 ton ブーム長: 23.8m ジブ長: 5.5m	4	中型	2	2	高
				小型	2	2	
5	ダンプトラック	積載重量: 4ton	6	既存同様	6	6	高
6	排水ポンプセット	1 cfs (ディーゼル)	24	1 cfs (Diesel)	25	13	中*2
		4 cfs (ディーゼル)	12	2 cfs (Diesel)	16	4	
		4 cfs (電気)	6	2 cfs (Electric)	6	4	
7	ポンプ場内ポンプ	4 cfs	15	2 cfs	3	0	低
		6 cfs	8	4 cfs	14	0	低
		15 cfs	7	6 cfs	3	0	低
		25 cfs	6	10 cfs	5	2	中
				15 cfs	4	2	高
				25 cfs	12	10	高
8	同上発電機	100 kVA	1	50 kVA	1	0	低
		200 kVA	1	75 kVA	2	0	低
		300 kVA	1	210 kVA	2	0	低
		500 kVA	1	300 kVA	1	1	中
		635 kVA	1	500 kVA	4	2	中
		730 kVA	1				
9	トラクター及び運搬車	-	4	クレーン付トラック Crane truck	6	2	中
10	ピック・アップ・トラック	-	6	Double cabin	6	4	中
11	ステーション・ワゴン	-	12	-	0	0	低
12	安全装備	酸素ボンベ、マスク、潜水用具	12	-	0	0	低
13	コンピュータ及びソフトウェア	-	1	-	0	0	低
14	通信機器	-	49	-	0	0	低
15	ガレージ、ワークショップ	-	1	-	0	0	低
16	モニタリング・評価システム及び機材	-	1	-	0	0	低

*1 オプション2は最低限必要な内容、オプション1は予算的に余裕があった場合要請する内容

*2 先方側は「低」としたが、技術調査から「中」と判断した。

現地調査と国内解析の結果から本プロジェクトでの調達機材の仕様と数量を検討し、その結果に基づき2012年2月に「パ」国側と概略設計説明を行った。そこでの協議を経て最終的に調達計画は以下の通りとなった。

表-3 清掃用機材の調達計画

No.	機材	主な仕様	必要数	既存数		新規調達数
				総数	活用数	
1	高压洗浄車 Jet machine	タンク容量 3,500 lit 以上、 ポンプ能力 約 200 lit/分	15	7	7	8
2	汚泥吸引車 Suction machine	容量 3,500 lit 以上	4	3	2	2
3	中型バックホウ Wheel Backhoe	0.2 m ³ 級、オプション：油圧 クラムシェル、スケルトンバケット	3	1	1	2
4	小型バックホウ Mini-Backhoe	0.08 m ³ 級、重量 2.5t 以下 オプション：スケルトンバケット	2	0	0	2
5	バケットクレーン Bucket Crane	クレーン能力 25t 吊	4	2	2	0
6	ダンプトラック Dump truck	積載量 3,500 kg 以上	7	0	0	7
7	クレーン付トラック Crane truck	積載量 2,500 kg 以上、 クレーン吊能力 2.9t	2	0	0	2
8	ピックアップトラック Pick-up truck	4x4 ディーゼル、ダブル キャビン	6	7	6	0
9	排水ポンプセット Dewatering set	1 cfs (Diesel)	70	70	53	17

また、ポンプ場用の機材については、4ヶ所のポンプ場を対象として下表の通りの調達を行うこととなった。

表-4 ポンプ及び発電機の調達計画

設置予定ポンプ場	ポンプ			発電機		
	15 cfs	25 cfs	150 kVA	300 kVA	350kVA	650 kVA
PS-3 Chokera	-	2	-	-	-	1
PS-31 Satiana Road	-	4	-	1	-	-
PS-36 Ahmed Nagar	-	2	1	-	-	-
PS-30 Bawa Chak	-	1	-	-	1	-
小計 (台)	-	9	1	1	1	1
合計 (台)		9			4	

④ プロジェクトの工期及び概略事業費

本プロジェクトは、日本政府とパキスタン政府の間で交換公文 (Exchange of Notes: E/N) が締結された後、日本政府の無償資金協力によって実施される。プロジェクトの実施は、E/N 締結から、入札業務を含む実施設計が6ヶ月、機材の製作、調達及び据付、ソフトコンポーネントが完了するまで25ヶ月を見込んでいる。なお、ポンプ場に関わる機材の据付工事は、既設ポンプの運転への影響を考慮して、排水施設の稼働率の高くなる雨期を避ける必要がある。

本計画の概略事業費は、8.5億円 (日本の無償資金協力により実施される部分が6.88億円、「パ」国側負担分が、1.62億円) となる。

⑤ プロジェクトの評価

本プロジェクト実施による妥当性及び有効性は以下の通りである。

1) プロジェクトの妥当性

ファイサラバード市の冠水、浸水による被害は、対象地域の経済・社会、保健衛生面に深刻な悪影響を与えるもので緊急に解決すべき課題となっている。本プロジェクトは、その軽減に直接寄与するものとして、現状として起きている被害の軽減に対する即効性を有している。本プロジェクトにより下水サービスの対象となっている 160 万人以上の住民が直接的、間接的に裨益することとなる。特に浸水被害が道路や住宅の整備が遅れた地域により甚大な被害をもたらしている現状からは、そこに関わる社会的な弱者の救済に本プロジェクトは大きく寄与することとなる。また、上下水道の整備が一体のものとして進められる原則からは、現在我が国がファイサラバード市を対象として進める上水道整備と対を成すものとして整合性を有している。

2) プロジェクトの有効性

定量的効果

本プロジェクトの実施により、期待されるアウトプットを以下に示す。

成果指標	現状の数値 (2011 年)	計画値 (2013 年)
機材による全下水管網清掃 作業に要する期間短縮 (高压洗浄車+汚泥吸引車)	21.6 年	10.8 年
緊急時可能出動回数の増加 高压洗浄車 (平均出動要請数 40.3 回/日) 汚泥吸引車 (平均出動要請数 10.1 回/日) 排水ポンプセット (平均出動要請数 69.9 回/日)	18.9 回/日 6.0 回/日 53 回/日	40.5 回/日 12.0 回/日 70 回/日以上
現場到着最短所要時間の短縮 (排水ポンプセット及び運搬 車輛)	25~60 分 (家畜、農業用トラクタ ー)	20 分以下 (クレーン付きトラック、ピ ックアップトラック)
緊急時排水能力の向上 (排水ポンプセット)	26.5cfs	43.5cfs ※64.2%の能力向上
汚泥・廃棄物の除去量の増大 浚渫能力 (掘削機) 運搬能力 (ダンプトラック)	570 m ³ /日 9.1 m ³ /日	936 m ³ /日 63.7 m ³ /日
更新対象の市内幹線排水路へ の排水ポンプ場(4 か所)の能力 向上	246cfs	376cfs ※52.8%の能力向上

定性的効果

- 浸水、冠水被害の軽減により、それらに起因する水系伝染病罹患の危険性が減じられる。
- 道路の冠水や市街地の浸水により阻害されていた市民の経済・社会活動が活発になる。
- 廃棄物の放置や慢性的な浸水状態が改善されることにより市内の衛生環境が改善する。

目 次

要約

目次

位置図/写真

図表リスト/略語集

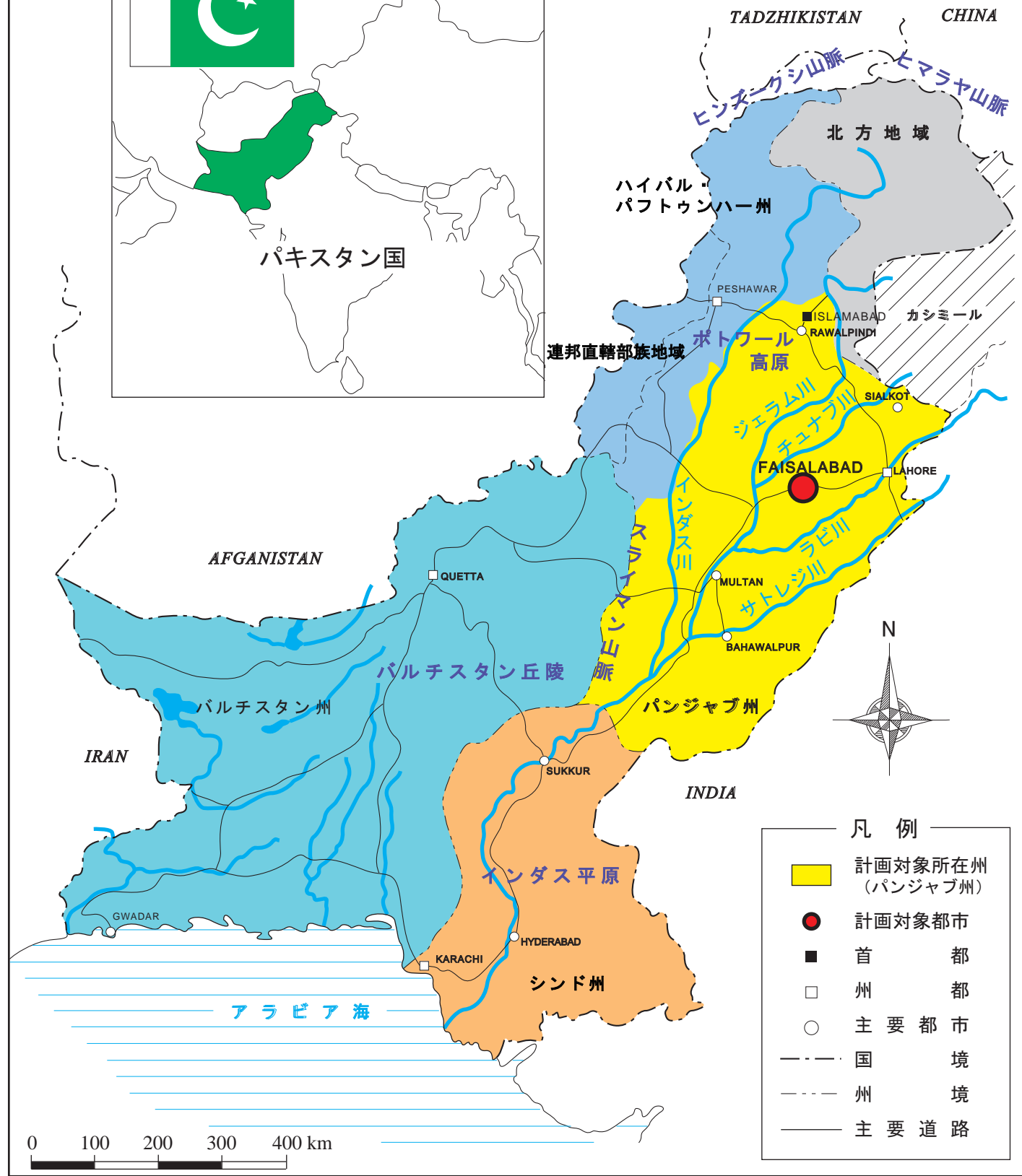
第1章 プロジェクトの背景・経緯	1-1
1-1 当該セクターの現状と課題	1-1
1-1-1 現状と課題	1-1
1-1-2 開発計画	1-2
1-1-2-1 上位目標とプロジェクト目標	1-2
1-1-2-2 上位計画	1-2
1-1-2-3 マスタープラン	1-3
1-1-3 社会経済状況	1-5
1-2 無償資金協力の背景・経緯及び概要	1-5
1-2-1 要請の背景・経緯	1-5
1-2-2 要請の概要	1-6
1-3 我が国の援助動向	1-9
1-4 他ドナーの援助動向	1-9
第2章 プロジェクトを取り巻く状況	2-1
2-1 プロジェクトの実施体制	2-1
2-1-1 組織・人員	2-1
2-1-2 財政・予算	2-2
2-1-3 技術水準	2-3
2-1-4 既存施設・機材	2-3
2-2 プロジェクトサイト及び周辺状況	2-4
2-2-1 関連インフラの整備状況	2-4
2-2-2 自然条件	2-6
2-2-3 環境社会配慮	2-10
第3章 プロジェクトの内容	3-1
3-1 プロジェクトの概要	3-1
3-1-1 ポンプ場及び下水・排水システムの現状と課題	3-1

3-1-2	下水管・下水溝清掃機材の現状と課題	3-9
3-1-3	本プロジェクトの位置付け	3-11
3-2	協力対象事業の概略設計	3-13
3-2-1	設計方針	3-13
3-2-2	基本計画（機材計画）	3-18
3-2-3	概略設計図	3-39
3-2-4	調達計画	3-55
3-2-4-1	調達方針	3-55
3-2-4-2	調達上の留意事項	3-57
3-2-4-3	調達・据付区分	3-57
3-2-4-4	調達監理計画	3-58
3-2-4-5	品質管理計画	3-59
3-2-4-6	資機材等調達計画	3-60
3-2-4-7	初期操作指導・運用指導等計画	3-61
3-2-4-8	ソフトコンポーネント計画	3-61
3-2-4-9	実施工程	3-68
3-3	相手国側負担事業の概要	3-70
3-4	プロジェクトの運営・維持管理計画	3-72
3-5	プロジェクトの概略事業費	3-73
3-5-1	協力対象事業の概略事業費	3-73
3-5-2	運営・維持管理費	3-74
第4章	プロジェクトの評価	4-1
4-1	事業実施のための前提条件	4-1
4-2	プロジェクト全体計画達成のために必要な相手方投入（負担）事項	4-1
4-3	外部条件	4-2
4-4	プロジェクトの評価	4-2
4-4-1	妥当性	4-2
4-4-2	有効性	4-3
	【資料】	
1.	調査団員氏名、所属	A-1
2.	調査日程	A-2
3.	関係者（面会者）リスト	A-3
4.	討議議事録(M/D)	A-4
5.	Technical Note	A-16
6.	討議議事録（概略設計概要説明協議時）	A-21

7. 下水管清掃について	A-32
8. 計画ポンプ容量の妥当性の検討	A-37
9. 収集資料リスト	A-40

パキスタン国
 ファイサラーバード下水・排水能力強化計画

被援助国全体図



- 凡例
- 計画対象所在州 (パンジャブ州)
 - 計画対象都市
 - 首都
 - 州都
 - 主要都市
 - 国境
 - 州境
 - 主要道路



写真集 (1/5)



市内道路の冠水状況



慢性的に浸水する Low Lying Area



排水路の人力による清掃



有蓋の下水溝から溢れる下水



下水溝への排水と堆積するゴミと汚泥



下水管敷設工事



西側 Paharang 幹線排水路



東側 Madhuana 幹線排水路

写真集 (2/5)



既存の高圧洗浄車



高圧洗浄車による下水管の清掃



既存の汚泥吸引車



汚泥吸引車による冠水除去



既存のバックホー



バックホーによるゴミ・汚泥浚渫



既存のバケット・クレーン



バケット・クレーンによるゴミ・汚泥浚渫

写真集 (3/5)



既存のダンプトラック



既存のトラクターと運搬車



既存の排水ポンプセット



下水処理場



浚渫後排水路付近に放置されたゴミと汚泥



乾燥中の汚泥



下水管マンホール付近に投棄されたゴミ



埋立地への運搬を待つ浚渫物

写真集 (4/5)



ポンプ場



小規模屋外ポンプ場



流入槽のグレーチング



ポンプ場内の受入ピット



染色で汚染された流入下水



屋外横型モータのベルト駆動式ポンプ



ポンプピット内横型モータ・ベルト駆動式ポンプ



2床式縦軸駆動ポンプ

写真集 (5/5)

 <p>A photograph showing a horizontal motor connected to a gearbox drive mechanism in an industrial setting.</p>	<p>ポンプ</p>  <p>Three vertical motor and gearbox drive units are shown in a room, with electrical control panels visible in the background.</p>
<p>横型モータ・ギアボックス式縦軸駆動</p>	<p>縦型モータ・ギアボックス式縦軸駆動</p>
 <p>Four vertical shaft pumps are shown submerged in water, likely in a well or reservoir.</p>	 <p>A photograph of a control panel with multiple gauges and switches, located in a pump room.</p>
<p>水中ポンプ</p>	<p>ポンプ場内の制御盤</p>
 <p>A large generator is shown indoors, mounted on a metal frame with various electrical components.</p>	 <p>A generator is shown outdoors, with a large cooling fan and various pipes and components.</p>
<p>屋内設置の発電機</p>	<p>屋外設置の発電機</p>

図表リスト

図リスト	頁
図 2-1 WASA の組織図	2-1
図 2-2 確立年降雨量（日最大）	2-9
図 3-1 市街地下水掃除の現況	3-2
図 3-2 市街地下水溝清掃の現況	3-26
図 3-3 主要下水溝から処分場までの廃棄物運搬距離	3-30
表リスト	頁
表 1-1 1993 年改訂された給水マスター・プランの事業費概要（1993-2018）	1-4
表 1-2 1993 年改訂マスター・プラン下水・排水整備計画（1993-2018）	1-4
表 1-3 要請内容の確認（2010 年 11 月 11 日）	1-7
表 1-4 要請内容の現地調査結果による再確認（2010 年 12 月 2 日）	1-8
表 1-5 我が国の上下水道分野支援事業一覧	1-9
表 1-6 WASA による上下水道改善計画（2010-2011）	1-10
表 1-7 パンジャップ州政府資金（ADP） による WASA の上下水道改善事業（2005-2014）	1-11
表 2-1 近年の WASA 収支一覧	2-3
表 2-2 ファイサラバード県工業関連企業数	2-5
表 2-3 日最大降雨量（mm/day）	2-7
表 2-4 日最大降雨量のみを抽出	2-8
表 2-5 降雨量順位で並び替え	2-8
表 2-6 Weibull 公式により $P=J/(N+1)$ を算出	2-8
表 3-1 WASA ポンプ場ポンプ機器一覧（2010 年 11 月）	3-4
表 3-2 WASA 各支局管轄のポンプ場数	3-6
表 3-3 WASA 保有の清掃用機材一覧と耐用年数（2010 年 11 月）	3-10
表 3-4 要請機材の分類	3-18
表 3-5 要請機材一覧	3-19
表 3-6 要請機材の妥当性	3-20
表 3-7 下水管清掃の必要機材台数	3-21
表 3-8 高圧洗浄車の必要台数検討	3-22
表 3-9 汚泥吸引車の必要台数検討	3-23
表 3-10 下水管清掃班数及び必要清掃年数	3-24
表 3-11 清掃作業対象施設	3-24
表 3-12 掘削機の必要能力による必要台数	3-28
表 3-13 調達掘削機のサイズと数量	3-28

表 3-14	中型ダンプトラックの車輛サイズと旋回半径	3-29
表 3-15	ダンプトラックによる土砂の運搬日数	3-31
表 3-16	掘削機と運搬車輛の対応数量	3-31
表 3-17	下水・排水に対する苦情回数と排水ポンプセット必要台数検討	3-33
表 3-18	清掃用機材の計画内容	3-34
表 3-19	主要ポンプ場へ流入する生活污水量	3-35
表 3-20	主要ポンプ場へ流入する合計汚水・排水量	3-35
表 3-21	時間最大下水量の算出	3-36
表 3-22	雨天時下水量及び必要ポンプ台数	3-36
表 3-23	主要ポンプ場の必要ポンプ更新	3-37
表 3-24	主要ポンプ場のポンプ運転容量とその必要電力量	3-38
表 3-25	清掃用機材の配置計画	3-39
表 3-26	ポンプ及び発電機の配置計画	3-39
表 3-27	負担区分	3-58
表 3-28	監理体制	3-59
表 3-29	調達監理計画	3-59
表 3-30	機材調達区分	3-60
表 3-31	ソフトコンポーネント活動計画	3-65
表 3-32	プロジェクト実施工程表	3-69
表 3-33	Sub-Division の下水・排水担当職員構成 (2009 年)	3-72
表 3-34	運営維持管理費の試算	3-74
表 3-35	実施機関 (WASA) の経常予算と運営維持管理費	3-76
表 3-36	実施機関の予算と機材関連維持管理費 (実績と予測)	3-77
表 3-37	機材配置計画	3-77

略語集・用語集

略語集

ADB	Asian Development Bank
ADP	Annual Development Program
cusec	cfs (ft ³ /sec)
EAD	Economic Affairs Division
EIA	Environmental impact assessment
FDA	Faisalabad Development Authority
HUD&PHED	Housing, Urban Development and Public Health Engineering Department
IEE	Initial environmental examination
JICA	Japan International Cooperation Agency
O&M	Operation and maintenance
PC	Project Concept
P&D	Planning and Development
P&E	Planning and evaluation
TMA	Tehsil Municipal Administration
WASA	Water and Sanitation Agency
VAT	Value added tax

用語集

排水	管公署、病院、学校、ホテル、商業ビルなど事業所に関する場から発生す排水
汚水	生活の基盤である住居から発生する排水
工場廃水	工場から発生する無処理の排水
雨水	降雨による水
下水	上記の汚水、廃水、排水、雨水をすべて含む物
下水管	下水を排出するために計画的に埋設された管渠、自然流下で下水を流す流路 (Sewer)
下水溝	下水を排出するために計画的に作られた開渠、自然流下で下水を流す流路 (Channel)
蓋付下水溝	コンクリート製の蓋をかぶせた下水溝、下水溝の一部として存在
幹線排水路	下水を川へ排出するために計画的に作られた規模の大きな開渠、ファイサラバード市の東と西の端にそれぞれ1つずつ建設されている (Drain)
ポンプ/ポンプ場	下水をポンプアップするポンプ及びそのポンプを複数台設置したポンプ場

第1章 プロジェクトの背景・経緯

第1章 プロジェクトの背景・経緯

1-1 当該セクターの現状と課題

1-1-1 現状と課題

ファイサラバード市は、カラチ市、ラホール市に次ぐ「パ」国第3の都市で（人口約270万人：2007年推計）、繊維、家具を中心とする同国有数の産業都市でもある。同市では、1976年にADBが作成した上下水道マスター・プラン（1993年に世銀が改訂）に基づき、ADB及び州政府予算により主に上水道施設の新設・更新が進められてきたが、2000年に遅れて完成したのは第1期分のみで、下水・排水については上水道と比べ相対的に整備が遅れている。ポンプ、清掃機材の老朽化も顕著であり、ポンプは約3割が故障、また、清掃機材についても1980年代に導入されたものがほとんどである。

都市の健全な発展には下水道整備が重要な役割を果たしている。19世紀のヨーロッパ及びアジア諸国におけるコレラの流行は、汚水の停滞や雨水による浸水、冠水が不衛生な環境を引き起こし、経済社会基盤に重大な影響を及ぼすことが認識され、その後下水道の整備が加速したことは歴史が示すところである。

ファイサラバード市も、繊維産業を柱とし発展を続ける大都市であり、人口増加率約3.8%のため、市郊外にスプロール現象が進んでいる。下水道を担当するWASAは、できる限りの資金を投入して下水管理設やポンプ場の新設など下水道整備を進めているが、既存設備の老朽化のため、市内の下水溝内の夾雑物の堆積や下水管の閉塞など、下水道システムの弱点が放置されたままの状態にある。水災害は、地形や地質のような自然的要素、下水道整備の遅れのような社会基盤の不備、不浸透域の増大と雨水貯留能力の低下、ごみ投棄による下水溝・下水管の表面粗度¹、流水抵抗力の増加などが複合的に関与し発生するもので、人口増加や経済発展による都市化に起因する負の影響が考えられる。

定期的な清掃など維持管理に必要な機材や設備の補充がなされないために、下水溝・下水管の日常的な清掃作業、故障や老朽化した設備の保守作業などが放棄されれば、これらに起因する下水溝・下水管の閉塞が原因となる浸水被害が都市機能にもたらす負の影響は甚大なものとなる。現状としては、予算的な問題もあるが、日常の運営維持管理として実施すべき清掃、保守点検などまで手が回らず緊急対応に追われている。

¹ 廃棄物や汚物が下水溝・下水管の壁、底に固着し、流水の抵抗となり、抵抗の少ない鏡面に対して、表面が粗く抵抗が大きくなっている状態

このため既存のポンプ場の老朽設備の更新と、機材能力の向上と補強および必要機材の調達による下水溝の浚渫、下水管の清掃を行うといった身近な作業から下水・排水能力強化を行わない限り、毎年この水害リスクを抱えていることになる。この下水・排水能力強化を実行することにより、ファイサラバード市の経済社会基盤の隠された水害脆弱性を打破すると共に日常の緊急対策としての苦情処理を効率的、計画的に解消できるようになる。

ファイサラバード市の下水道システムと、既存機械を利用した下水溝・下水管の清掃状況を調査した結果、下水道システムとしての問題は、ごみ、生活廃棄物、工業廃水、動物の死骸、汚物など、本来適正に収集、運搬、処理されるべきものが下水道へ投棄されていることであると判断した。下水溝は WASA 管轄のため、下水溝からの堆積物の回収及び処分場（埋立地）までの運搬は WASA の責任である、しかし、運搬機材不足のため、回収されたごみを路肩に置くところまで、ごみを路肩から取り除く作業は、WASA が市自治体組織（TMA）衛生局との取決めで TMA が行うこととなっている。しかし、TMA も手が回らず、街路にごみのあふれる状態が発生し、このごみが再度周辺住民により下水溝に投棄されたり、自然に落下して、新たな閉塞や浸水、冠水被害の原因となっている。

また、下水施設の未整備地区では、雨期の浸水状態が慢性化し非衛生的な状態が続いており、WASA はそうした地区への新規下水管網の敷設、傷んだ既設管網の改修を進め、そこから主要ポンプ場へ接続する下水幹線の整備を進めている。そうした浸水対策の一環として主要ポンプ場の流下能力の改善が求められている。

1-1-2 開発計画

1-1-2-1 上位目標とプロジェクト目標

本プロジェクトの目標は以下の通りである。

上位目標	ファイサラバード市内の冠水被害が軽減され、安定した市民生活や社会経済活動が確保される。
プロジェクト目標	ファイサラバード市内の下水・排水機能が強化され、市内の冠水被害が軽減される。

1-1-2-2 上位計画

パンジャブ州の給水に係る水法（案）（Punjab Municipal Water Act 2010 (Draft)）の承認のためのドナー会合が世銀 WSP（Water and Sanitation Program）主催の下、2010年11月11日ラホールで開催された。当法令は給水に関する法律であるが、制定以降、パンジャブ州各郡の地方自治体に、

下水・排水を含む上下水道マスター・プランを、3年以内に作成することを義務付けている。また、未処理の排水禁止や処理水の排水等についても触れている。

上記水法の制定前に草案の内容を具現化するための、パンジャブ州の下水・排水を含む給水・衛生分野の上位計画は、2007年に制定された「パンジャブ都市給水・衛生政策 (Punjab Urban Water and Sanitation Policy)」であり、この上位計画に沿って、各行政レベルでの下水・排水サービスの整備が進められている。本政策の目標は、給水・衛生・廃水処理サービスの持続的な制度の確立及び財務体制の構築を基本としていて、下水・排水も同様に位置付けられている。また、同政策を実施する手段として、以下の内容が挙げられている。

- ・ 土地所有権の配分
- ・ 公共サービスの制度構築
- ・ 戦略的な都市給水・衛生セクターの計画・管理
- ・ 環境・保健衛生教育の推進

1-1-2-3 マスター・プラン

ファイサラバードの上下水道セクターのマスター・プランは、ADBにより1975-76に策定され、当初2000年までの25年間の長期計画であった。実施計画は5期分けで作成され、第1期は1980年に完成予定であったが、技術的理由により実施そのものが遅れて、1985年に開始された。プロジェクト費用の約77%は給水に当てられ、23%が下水・排水に配分された。

第1期は1989年に完成予定であったが予算不足等により遅延し、給水施設は1992年に完成したが、第1期プロジェクト全体は2000年の完成となった。しかし、その後の第2期の実施につきドナーによる支援はない。

当初のマスター・プラン(1975-76)を引き継ぎ、第2期から第4期までの事業内容が、1993年から2018年までの25年間を対象として、改訂マスター・プランが策定された。

基本となっているのは上水道計画であるが、マスター・プランでは、生活排水及び商工業排水の量を各水需要量の80-90%に相当するものとして下水・排水事業の計画を策定している。

同様に下表1-1は、マスター・プランの改訂にもとづく、第2期から第4期までの上水、下水・排水の事業費で、1993年から2018年までの25年間を対象とした事業計画である。事業費の配分は、給水(約62%)、下水(約30%)、排水(約5%)となっている。

一方、1993年改訂マスター・プランの具体的な下水・排水事業の内容については、下表1-2に示す。内容は、①下水幹線166.6km、②下水岐線722.0km 暗渠・25.8km 開渠、③下水ポンプ場17ヶ所新設・12ヶ所改修、④下水処理所4ヶ所建設、⑤下水溝142.2kmである。

但し、改訂マスター・プランに沿ったフェーズ毎のプロジェクト開発投資ではなく、緊急改善の必要な箇所に限って、パンジャブ州独自予算による部分的な改善が行われているに過ぎない。同様に、本プロジェクトの機材調達要請は、改訂マスター・プランに位置付けられる機材ではなく、浸水、冠水、洪水などの緊急対策に必要な機材である。

表 1-1 1993 年改定された給水マスター・プランの事業費概要 (1993-2018)
(単位：億 Rs)

項目	第 2 期	第 3 期	第 4 期	計	
	1993 年-2000 年	2001 年-2010 年	2011 年-2018 年	金額	(%)
給水事業	4.63	30.60	34.20	69.43	(62.1)
下水事業	13.27	10.86	9.14	33.27	(29.8)
排水事業	2.00	1.97	1.37	5.34	(4.8)
その他	3.67	-	-	3.67	(3.3)
合計	23.57	43.43	44.71	111.71	(100.0)

出典：Faisalabad Environmental Infrastructure Master Plan Study, Final Report
Executive Summary, November 1993

改訂マスター・プランの内、下水管、ポンプ場、処理場、下水溝についての具体的な開発計画は以下に示す通りである。

表 1-2 1993 年改定マスター・プラン下水・排水整備計画 (1993-2018)

項目	第 2 期 (1993-2000)		第 3 期 (2001-2010)		第 4 期 (2011-2018)		事業費合計 (億 Rs)
	内容	概算事業費 (億 Rs)	内容	概算事業費 (億 Rs)	内容	概算事業費 (億 Rs)	
<i>下水管・ポンプ場建設計画</i>							
下水幹線	55km	3.91	53.2km	2.50	58.4km	1.93	8.34
下水岐線	392km 暗渠	2.82	110km 暗渠 9.9km 開渠	2.12	220km 暗渠 15.9km 開渠	3.80	8.74
下水ポンプ場	9 新設 12 改修	2.04	4 新設	1.28	4 新設	1.26	4.58
合計金額		8.77		5.90		6.99	21.66

<i>下水処理場建設計画</i>						事業費 合計(億 Rs)
支局	処理場	概算事業費(億 Rs)	概算事業費(億 Rs)	概算事業費(億 Rs)	概算事業費(億 Rs)	
東	東下水処理場	3.30	0.70	1.00	5.00	
西	西家庭下水処理場	-	2.10	0.70	2.80	
	西工業廃水処理場	-	2.00	-	2.00	
	南家庭下水処理場	1.20	0.16	0.45	1.81	
合計金額		4.50	4.96	2.15	11.61	

<i>下水溝 (排水) 建設計画</i>							
対象事業	延長 (km)	概算事業費 (億 Rs)	延長 (km)	概算事業費 (億 Rs)	延長 (km)	概算事業費 (億 Rs)	事業費 合計(億 Rs)
下水溝	38.1	2.00	57.4	1.97	46.7	1.37	5.34

出典：Faisalabad Environmental Infrastructure Master Plan Study, Final Report Volume-I (Main Report),
November 1993

下水処理計画について

当初マスター・プラン (1976 年) の策定では、市内に 4 ヶ所 (西側に 2 ヶ所、東側に 1 ヶ所及び南に 1 ヶ所) の下水処理場の建設が計画された。西側の 2 ヶ所の内、1 ヶ所は家庭下水用、も

う 1ヶ所は工業廃水用として計画された。

西側の家庭下水用施設（90,000 m³/日）は、1995年に、ポンプ場 No. 1 PS-3 Chokera 付近に建設され、現在は市内下水・排水量の約 20%を処理している。しかし、現状で 294,000 m³/日の処理機能の拡張が必要とされている。また、西側の工業廃水用（現状は家庭下水も含む）施設の建設（当初計画は 45,000 m³/日であったが、将来の状況を考慮して、137,000 m³/日が必要）が、ポンプ場 No. 7 PS-30 Bawa Chowk の近辺に計画されているが、現状では実施のための予算が確保されない。

1-1-3 社会経済状況

「パ」国経済においては、2010/11 年度の一人あたり国民総生産（GNP）が 1,254 ドルであり、産業別内訳は、第一次産業が国内総生産（GDP）の 22%、第二次産業が 24%、第三次産業が 54% である。

2008 年、国際的な食糧・燃料価格の高騰、国内インフレ等による政府の財政赤字の拡大、世界的な金融危機及び治安の悪化による外国投資の減少により、外貨準備高が 2008 年 10 月末には 34 億ドルまで急減した。同年 11 月に IMF による総額約 76 億ドルの融資が合意され、2009 年 8 月に 32 億ドルの追加融資を受け、IMF のプログラムの下で経済改革に取り組んだ。目標を達成できないまま 2011 年 9 月にプログラムは終了したが、財政状況の改善、物価安定、電力・エネルギー供給の改善、投資促進、貧困削減などの課題に対応し、2011 年後半からは輸出が増加傾向にあり、海外からの郷里送金が月額 10 億ドル超と高水準となり、外貨準備高は 2009 年 6 月の 91 億ドルから 2011 年後半には 170 億ドル超を維持している。

「パ」国の開発戦略としては、2009 年 4 月に策定された貧困削減戦略文書 II では、①マクロ経済の安定化と実経済部門の成長、②貧困層及び弱者の保護、③農業生産性及び付加価値の向上、④総合エネルギー開発計画、⑤産業の国際競争力強化、⑥人的資本の強化、⑦官民パートナーシップを通じたインフラのボトルネック解消、⑧金融・資本市場の開発、⑨公正かつ公平な制度のための行政改革、の 9 項目に及ぶ改革指針が示され、中長期的開発計画「中期開発フレームワーク（2005-2010）」を経て、長期的な開発を目指す「ビジョン 2030」に向けて改善策が具体的に示されている。

1-2 無償資金協力要請の背景・経緯及び概要

1-2-1 要請の背景・経緯

ファイサラバード市では、1976 年に ADB が作成した上下水道マスター・プラン（1993 年に世銀が改訂）に基づき、ADB 及び州政府予算により主に上水道施設の新設・更新が進められてきたが、2000 年に遅れて完成したのは第 1 期分のみで、下水・排水については、上水道と比べ

相対的に整備が遅れている。ポンプ、清掃機材の老朽化も顕著であり、ポンプは約3割が故障、また、清掃機材についても1980年代に導入されたものがほとんどである。

下水道を担当する WASA は、できる限りの資金を投入して下水管理設やポンプ場の新設など下水道整備を進めているが、既存設備の老朽化のため、市内の下水溝内の夾雑物の堆積や下水管の閉塞など、下水道システムの弱点が放置されたままの状態にある。水災害は、地形や地質のような自然的要素、下水道整備の遅れのような社会基盤の不備、不浸透域の増大と雨水貯留能力の低下、ごみ投棄による下水溝・下水管の表面粗度、流水抵抗力の増加などが複合的に関与し発生するもので、人口増加や経済発展による都市化に起因する負の影響が考えられる。

ファイサラバード市の下水道システムと、既存機械を利用した下水溝・下水管の清掃状況を調査した結果、下水道システムとしての問題は、ごみ、生活廃棄物、工業廃水、動物の死骸、汚物など、本来適正に収集、運搬、処理されるべきものが下水道へ投棄されていることであると判断した。

また、下水施設の未整備地区では、雨期の浸水状態が慢性化し非衛生的な状態が続いており、WASA はそうした地区への新規下水管網の敷設、傷んだ既設管網の改修を進め、そこから主要ポンプ場へ接続する下水幹線の整備を進めている。そうした浸水対策の一環として主要ポンプ場の流下能力の改善が求められている。

このような背景の下、「パ」国政府は、日本政府に対してファイサラバード市内で慢性的に発生している浸水被害及び雨季に集中する冠水被害を軽減するために、老朽化したポンプや清掃機材の更新に関する無償資金協力「ファイサラバード下水・排水能力改善計画」の要請を行った。

1-2-2 要請の概要

2010年11月～12月の現地調査において、2010年11月11日時点で確認された WASA ファイサラバードからの要望内容は、下表 1-3 の通りである。各種機材の要請台数に係る変更は無く、各種機材の使用目的に沿った優先順位が実施機関より説明され、調査団はこれらの内容の詳細につき技術調査を継続した。

表 1-3 要請内容の確認 (2010 年 11 月 11 日)

No.	項目	要請内容		確認内容 (2010 年 11 月 11 日)	
		仕様	数量	使用目的	優先度
1	高压洗浄車 Jet machine	Tank capacity: 4,000lit.	12	下水清掃	高
2	汚泥吸引車 Suction machine	Tank capacity: 4,000lit.	2	下水清掃	高
3	バックホウ Backhoe	Bucket size:0.35m ³	2	下水溝浚渫	高
4	バケット・クレーン Bucket crane (Clam shell)	Lifting capacity: 12 ton Boom length: 23.8m Jib length: 5.5m	4	下水溝浚渫	高
5	ダンプトラック Dump truck	Payload: 4ton	6	汚泥運搬	高
6	排水ポンプセット Dewatering set	1 cfs (Diesel)	24	緊急排水	中
		4 cfs (Diesel)	12		
		4 cfs (Electric)	6		
7	ポンプ場内ポンプ Pumps for disposal stations	4 cfs	15	排水機材更新	高
		6 cfs	8		
		15 cfs	7		
		25 cfs	6		
8	同上発電機 Generator for disposal stations	100 kVA	1	発電機材更新	高
		200 kVA	1		
		300 kVA	1		
		500 kVA	1		
		635 kVA	1		
		730 kVA	1		
9	トラクター及び運搬車 Tractor and Trolley	-	4	移動運搬	中
10	ステーション・ワゴン Station wagon	-	12	移動運搬	中
11	ピックアップ・トラック Pick-up truck	4×4 ダブルキャビン	6	移動運搬	中
12	安全装備 Safety equipment	Oxygen cylinder, mask, diving suit	12	下水清掃安全器具	高
13	コンピュータ及びソフトウェア Computer and software	-	1	データ管理 モニタリング	低
14	通信機器 Communication Equipment	-	49	通信連絡	高
15	ガレージ、ワークショップ Garage, Workshop	-	1	維持管理	中
16	モニタリング・評価システム及び機材 M & E system and equipment	-	1	評価機材	低

調査団は技術調査を 2010 年 12 月 2 日まで継続し、その際、実施機関 WASA は下表 1-4 に示す要請機材の数量と仕様について変更を要望した。

- 1) 要請機材の数量については、日本側の予算的な制約から全ての機材が調達できない場合を想定して既に WASA 側の優先順位を高、中、低に分類しているが、具体的な数量についての要望は、各種機材の優先度に応じて検討する。優先度の低いものについては WASA 独自の予算で調達可能かどうか独自に検討することで、オプション 1 とオプション 2 について調査団に提案した。
- 2) 下記の機材については、緊急性や全体計画に占める位置付について協議した結果、WASA が、これら機材の優先順位を低くすると共に、自助努力での調達を検討することとなり対象から削除された。
 - ① 四輪駆動車 (Station Wagon) : 12 台
 - ② 安全装備 (下水清掃用酸素マスク、酸素ポンプ、潜水着衣他) :12 式
 - ③ モニタリング用コンピュータ機器及びソフト : 1 式

- ④ 通信機器：49 式
- ⑤ ガレージ、ワークショップ：1 式
- ⑥ モニタリング評価システム及び機材：1 式

表 1-4 要請内容の現地調査結果による再確認 (2010 年 12 月 2 日)

No.	項目	要請内容		変更提案 (2010 年 12 月 2 日)			
		仕様	数量	仕様	数量*1		優先度
					オプション1	オプション2	
1	高圧洗浄車 Jet machine	Tank capacity: 4,000lit.	12	既存同様	12	8	高
2	汚泥吸引車 Suction machine	Tank capacity: 4,000lit.	2	既存同様	2	2	高
3	バックホウ Backhoe	Bucket size:0.35m ³	2	中型	1	1	高
				小型	1	1	
4	バケット・クレーン Bucket crane (Clam shell)	Lifting capacity: 12 ton Boom length: 23.8m Jib length: 5.5m	4	中型	2	2	高
				小型	2	2	
5	ダンプトラック Dump truck	Payload: 4ton	6	既存同様	6	6	高
6	排水ポンプセット Dewatering set	1 cfs (Diesel)	24	1 cfs (Diesel)	25	13	中*2
		4 cfs (Diesel)	12	2 cfs (Diesel)	16	4	
		4 cfs (Electric)	6	2 cfs (Electric)	6	4	
7	ポンプ場内ポンプ Pumps for disposal stations	4 cfs	15	2 cfs	3	0	低
		6 cfs	8	4 cfs	14	0	低
		15 cfs	7	6 cfs	3	0	低
		25 cfs	6	10 cfs	5	2	中
				15 cfs	4	2	高
				25 cfs	12	10	高
8	同上発電機 Generator for disposal stations	100 kVA	1	50 kVA	1	0	低
		200 kVA	1	75 kVA	2	0	低
		300 kVA	1	210 kVA	2	0	低
		500 kVA	1	300 kVA	1	1	中
		635 kVA	1	500 kVA	4	2	中
		730 kVA	1				
9	トラクター及び運搬車 Tractor and Trolley	-	4	クレーン付トラック Crane truck	6	2	中
10	ピックアップトラック Pick-up truck	-	6	Double cabin	6	4	中
11	ステーションワゴン Station wagon	-	12	-	0	0	低
12	安全装備 Safety equipment	Oxygen cylinder, mask, diving suit	12	-	0	0	低
13	コンピュータ及びソフトウェア Computer and software	-	1	-	0	0	低
14	通信機器 Communication Equipment	-	49	-	0	0	低
15	ガレージ、ワークショップ Garage, Workshop	-	1	-	0	0	低
16	モニタリング・評価システム及び機材 M & E system and equipment	-	1	-	0	0	低

*1 オプション2は最低限必要な内容、オプション1は予算的に余裕があった場合要請する内容

*2 先方側は「低」としたが、技術調査から「中」と判断した。

1-3 我が国の援助動向

「パ」国は従来主要都市給水整備計画を国際機関・諸外国に依存してきている。

また、経済制裁解除後の支援の一環として、本計画と同時期に北西辺境州アボタバード市の上水道整備計画(無償資金協力)のための基本設計調査が行われた。アボタバード市は計画人口約30万人、同市には本計画のWASAに相当する機関が組織されておらず、市庁水道課が直接運営・維持管理を担当する。表1-5にこれら支援事業を示す。

表 1-5 我が国の上下水道分野支援事業一覧 (単位: 億円)

年度	種類	プロジェクト名	事業費
1988	有償	首都圏給水計画(カンプール 1)	125.18 円借款承諾額
1988	有償	同(シムリ)	57.50 円借款承諾額
1991	無償	イスラマバード浄水処理施設改善計画(フェーズ 1)	11.62 E/N 額
1992	無償	同上 (フェーズ 2)	11.45 E/N 額
1994	有償	カラチ上水道改善計画	103.00 円借款承諾額
2004	無償	ラホール市下水・排水施設改善計画	12.22 E/N 額
2008	無償	ファイサラバード上水道整備計画	44.42 E/N 額
2010	無償	ラホール市下水・排水機材緊急復旧計画	12.23 E/N 額
2010	無償	アボタバード市上水道整備計画	36.44 E/N 額
2011	無償	ファイサラバード上水道拡充計画	7.99 E/N 額

なお分野は異なるが、ファイサラバード地域に対しては、(1)パンジャブ州電力・灌漑省を担当機関とし、本計画の水源地を予定するジャン用水路他の改修計画に対する開発調査「パンジャブ州支線用水路改修計画(1996～1997)」、および(2)パ国随一の専門教育機関である繊維工科大学および農業大学に対し、それぞれ「教育機材改善計画」が無償資金協力により実施されている。

1-4 他ドナーの援助動向

現在までの関連するドナー支援事業を表 1-12 に示す。

(1) 他ドナーの動向

ファイサラバード市の上下水道セクターWASAに対し、アジア開発銀行(以下ADB)が1976年にマスター・プランを策定し、このマスター・プランの第1期(Phase-I)はADBの借款により実施された。その後、1993年に世銀によりマスター・プランが改訂され、当初マスター・プランで実施できなかった第2期から第4期までの内容が改訂された。しかし、その後、下水・排水関連プロジェクトに関連した他ドナーによるWASAへの支援は無く、パンジャブ州政府の開発基金による自己プログラムで下水・排水関連の強化改善強化計画を実施している状況である。一方、上水道については最近、フランスによる協力(Extension and Augmentation of Water Resources for Faisalabad City)の予定が報告されているが、下水・排水への具体的な実施は未定

である。

(2) 自己資金による実施

上記の通り、マスター・プランの第1期の実施以来、具体的なドナー支援は現在（2010年）まで行われていない。このため上下水道に係わる実施は、パンジャブ州の開発予算（ADP）により、部分的、段階的に検討されているのが実情で、下表1-6に示す通り、その事業内容は第2期の一部である。

表1-6 WASAによる上下水道改善計画（2010-2011）

分野	プロジェクト数	合計計画金額 (億 Rs)	2010年前半の出資済額 (億 Rs)	2010年後半～2011年の 予算配分(億 Rs)
給水	6	57.59	10.07	5.76
下水	6	25.40	6.43	4.50
排水	1	0.50	0.26	0.15

出典：WASA 資料より調査団作成（2010）

また、下表1-7は、WASAによるファイサラバード市の近年（2005～2014）の上下水・排水関連プロジェクトの状況を示したものである。パンジャブ州の自己資金（ADP、ファイサラバード WASA 以外の ADP も含む）による投資計画（2005～2014）は、改定された上下水マスター・プラン（1993）の開発計画（1993-2018）小計 111.71 億 Rs と比較すると、約 40%（44.57 億 Rs）に相当する規模である。

表 1-7 パンジャブ州政府資金（ADP）による WASA の上下水道改善事業（2005-2014）

プロジェクト名	実施期間	金額 (億 Rs)
<i>ADP によるプロジェクト</i>		
Faisalabad Water Supply, Sewerage and Drainage Project Phase-II, Part-IV	2005～2009	4.99
Trunk Sewer Kehkshan Colony Chak 204/RB to Faisal Town, Satiana Road	2007～2010	3.19
Replacement of Sewers in Sir Syed Town	2007～2010	3.02
Replacement of Outlived Sewers in Four Towns	2007～2010	7.51
Providing and Laying Sewers in Different Areas of the City	2007～2010	3.69
Trunk Sewer Line from 202 Bhai Wala to Paharang Drain	2007～2010	3.02
Provision of Sewerage Facilities in Kank Basti, Rehmat Town, Siddu Pura, Muslim Town, Hajiabad, Haiderabad and Gaziabad etc.	2008～2014	7.13
Rehabilitation of Water Supply and Sewerage in Chiragh Town	2009～2010	0.10
Improvement of Drainage System	2007～2010	0.50
Provision of Sewerage Facilities to Poor Localities	2008～2010	6.30
Improvement of Storm Water Channel Mattu Pura	2008～2010	0.04
<i>ファイサラバード WASA 以外の ADP 予算によるプロジェクト</i>		
Faisalabad Water Supply, Sewerage and Drainage Project Phase-II, Part-III (Revised)	2007～2010	3.52
Sewers in Mannan Town, Raja Park and Ucha Marrabba Faisalabad	2008～2010	0.20
Sewers in Mazzafar Colony, Aziz Town and Adjoining Areas	2008～2010	0.32
Sewers in Peoples Town and Satellite Town, Sammundri Road, Faisalabad	2008～2010	0.13
Construction of Trunk Sewer from D-Type Disposal Works to PS-36	2008～2010	0.24
Laying of Sewer Lines in Nadar Town, Ilyas Town, Munirabad PP-72	2009～2011	0.12
Trunk Sewer Line from Saifabad to Dijkot Drain	2008～2009	0.40
合計	2005～2014	44.57

ADP: Annual Development Program (パンジャブ州の開発基金による年間開発プログラム)

出典: WASA 資料より調査団作成

WASA はドナーによる資金協力とは別にパンジャブ州政府の開発基金を基に独自の下水管路の改善と管路の合理的な延長強化を実施している。この計画は下水・排水量の増加に対応する既存ポンプ場の能力不足を改善するもので、この強化も重要な課題である。このため、既存ポンプをより性能の高い新規ポンプに更新することで、増大する下水・排水量を幹線排水路に放出し、雨季に備える緊急なポンプ施設の改善が必要となっている。この課題の解決のため新規ポンプ及び発電機の調達についても緊急を要するものである。

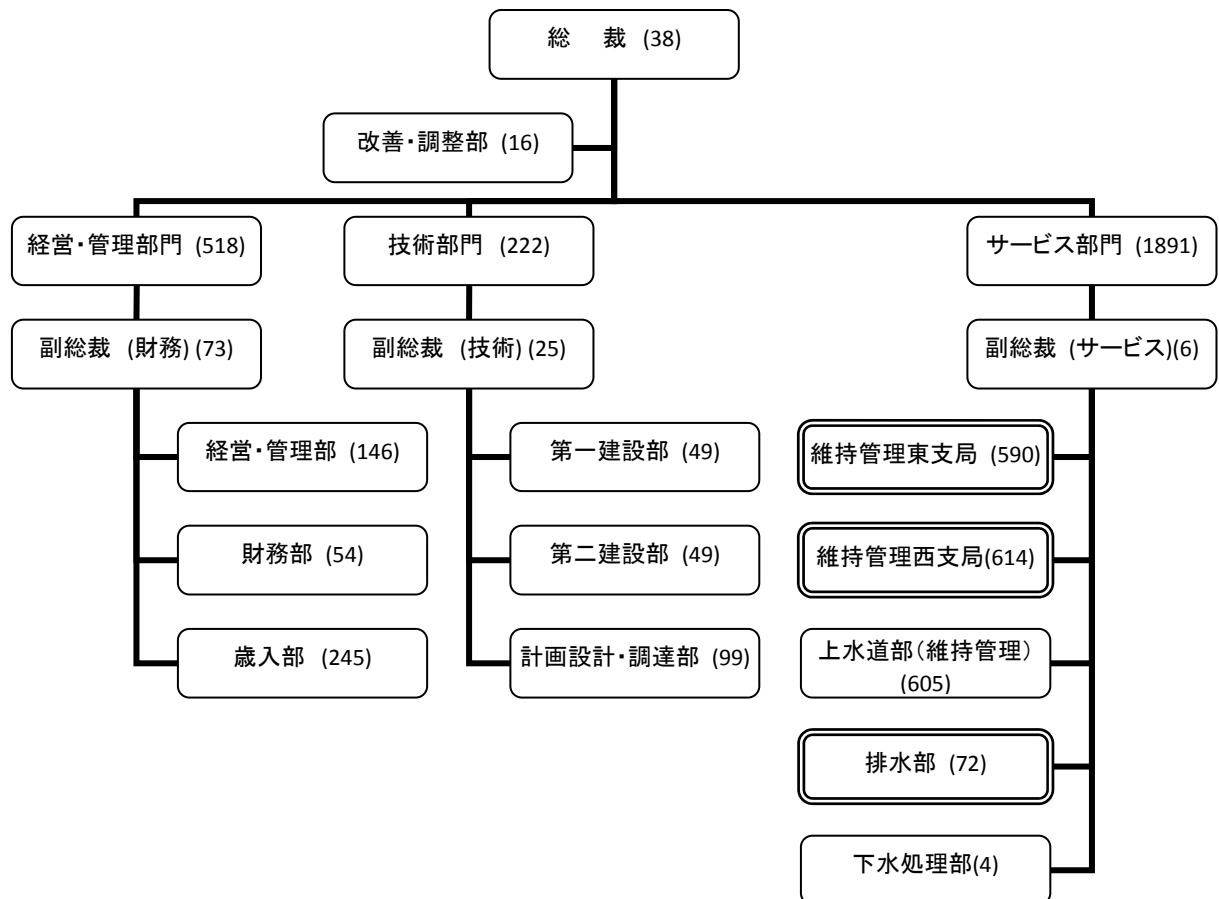
第2章 プロジェクトを取り巻く状況

第2章 プロジェクトを取り巻く状況

2-1 プロジェクトの実施体制

2-1-1 組織・人員

本プロジェクトの実施機関は、1978年創設以来、ファイサラバード市上下水道の運営・維持管理に専従してきた「ファイサラバード上下水道公社」(Water and Sanitation Agency : WASA)が担当する。WASAの組織構成は、図2-1に示す通り、総裁の下に、技術、経営・管理、サービスの3部門を置き、それぞれ副総裁を配している。WASAは、管轄地域を東西の2支局で分担し、支局は、それぞれ3ヶ所、計6つの支部に分割され運営管理業務を実施している。更に2012年2月までにWASAは排水部を新設し、排水路の維持管理用機材はそこへ配置する計画となっている。市民サービスに最も直結しているのはサービス部門で、総人員の2,685人の70%に相当する1,891人が在籍することになる。本プロジェクトの下水・排水施設の管理、冠水被害の対応・汚泥除去は、維持管理東支局、西支局、排水部が担うことになる。



() 内は、職員数

図 2-1 WASA 組織図

出典：WASA (2012年2月)

WASA は、2007 年から 2008 年に職員数が 1,769 人から 2,103 人に大幅に増強された。この増員は、中期開発計画（2005～2010 年）における政府の水セクター強化政策により上下水道施設整備への予算が増加し、ファイサラバードでは特に下水道関連事業が集中したため、同分野を担当する下水・排水に係る維持管理の現場職員が増加したことによる。

WASA はパンジャブ州都市整備令により上位機関「ファイサラバード開発公社」（以下 FDA=Faisalabad Development Authority）の一翼として創設されたものであり、現在も FDA の管轄下であり、FDA 長官が WASA 理事長を兼任している。FDA は特に道路整備、市街地開発に重点を置いて事業を展開する。近年まで、WASA は州のインフラ整備を担当する「住宅・都市開発・公衆衛生省」（Housing and Urban Development/Public Health Engineering Department : HUD/PHE）に直属していた。創設当時の市政業務分担としては、市庁が行政を主管し、FDA が市街地開発事業を担当したが、2001 年の地方行政法制定後の再編により開発機関は地方自治体に編入され、以降市庁に直属する体制になった。市庁・FDA はプロジェクトの技術的側面には直接関与しないが、プロジェクトの実施にあたり、WASA に対し必要な行政指導・支援を積極的に推進する役割を担う。

2-1-2 財政・予算

パ国の社会開発事業は、小規模な地域開発を除き、中央政府の国家開発計画に基づく年次計画書である公共セクター開発計画(Public Sector Development Programme : PSDP)により、中央政府予算または州政府予算により実施される。

PSDP の対象となるプロジェクトは、計画提案書(PC-1)の中央政府承認が前提であり、本計画はすでに承認手続きに入っている。

中央政府予算は、原則的に道路、水資源計画等、全国的規模のプロジェクトに優先的に支出され、本プロジェクトのように裨益対象が地域限定となる計画は PSDP の州予算から支出されることになる。州政府の開発事業予算としては、別に年次開発計画(Annual Development Programme : ADP)が策定される。本計画に対するパ側負担事業費は、このように中央政府からの予算および同州 ADP から捻出される。

WASA は本来独立採算制を基本とする運営機関であるが、ファイサラバードに限らず、州都のラホールでも、料金収入ではコスト回収が困難であり、開発費はすべて州政府に依存し、規模が大きい整備計画は外国の支援に依存しなければならない状況である。経常支出の不足分は、両者とも都市固定資産税からの補助金に依存している。補助金は年度により一定ではなく、市政当局との交渉によるものと想定されるが、世銀調査によると 2004～05 年、ラホール WASA の場合で料金収入と合わせた収入のうち 21%、ファイサラバード WASA で 27%であった。ラホールの場合は州内他都市と比較して料金徴収率が高く 80%の水準にあるが、他都市ではすべて 50%以下のため経営が苦しく、サービスの悪化に直結する。近年のファイサラバード WASA の財務状況を次表に示す。

表 2-1 近年の WASA 収支一覧表

(単位: 百万 Rs)

年	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
収入	622.889	1,298.510	1,609.934	1,138.191	2,140.639	2,004.232
前年度繰越	228.641	137.754	316.369	1,039.743	146.505	156.562
開発費	19.912	667.108	845.391	457.343	1,394.302	1,233.005
経常費	374.336	493.648	448.174	511.810	599.832	614.663
内、料金収入	318.520	320.000	360.000	376.585	377.590	475.000
支出	475.135	1,004.147	674.348	1,067.700	1,473.277	1,867.795
開発費	85.284	526.479	224.524	555.481	879.610	1,192.200
経常費	388.851	477.668	449.824	512.219	593.667	675.595
内、動力費	178.515	196.000	197.828	215.845	259.151	224.000
人件費	134.282	158.578	159.890	209.041	242.794	295.165
収支	147.754	294.363	935.586	70.491	156.562	26.928
開発費	-65.372	278.383	672.898	70.000	84.142	10.026
経常費	-14.515	15.980	1.450	0.491	72.420	16.722

注記：(1) 料金以外の収入の大部分は固定資産税からの補助金。

(2) 開発費は州政府 ADP 予算からの主として下水道整備計画に対するプロジェクト費用。繰越分は通常の公共機関では認められないが、WASA は特例で認められている。

2-1-3 技術水準

WASA は ADB がファイサラバード市の上下水道施設整備の支援をするにあたり、専門の運営組織を設立することを条件としたことを契機とし、発足した機関であり、WASA 技術者は ADB 事業の進展に沿い、計画立案、建設事業に参画し、建設後の運営・維持管理を担当してきている。各部署の職員は、既に本プロジェクトで調達されるものと同様の機材を用いて日常的に業務を遂行していることから十分な実施体制と能力を具備すると判断される。WASA は限られた数の清掃機材を補修しながら十数年に亘り活用していることから、機材の整備・管理に係る技術は比較的高い水準にあると思われる。

一方、WASA は、清掃事業を計画的に作業する経験に乏しい。しかしながら、WASA は、計画的に作業に取り組む姿勢を示しており、後述するソフトコンポーネント活動により、適正な指導をすれば、WASA は、平常時の下水管、下水溝の沈積汚泥の清掃業務を十分に実施できる技術力と管理能力を備えていると判断する。

これら現業部門を統率するため、トップの総裁および副総裁は技術者が任命される規定となっていたが、2005 年以降は経営上の配慮もあり、州政府 P&D が民間登用等により選抜した総裁が任命される場合もある。専門職は、技術部門の局長以下主任クラスまで大学卒の技術者があたり、技術的業務を管理している。

2-1-4 既存施設・機材

WASA は、下水・排水のための 35 ヶ所のポンプ場を有しており、そのうちの 8 ヶ所が、市周辺の排水ポンプ場であり、その他は市内の中継ポンプ場として機能している。古いものは、1970

年代から操業しており機材の老朽化が激しいものも多い。WASA では、大口径の下水幹線の整備を進めることで重力による汚水の流下を可能とし、市内の中継ポンプ場を徐々に廃止して行く方針である。後述する如く、本プロジェクトで市周辺の排水水ポンプ場の増強を目的としてポンプなどの機材の調達を WASA が優先するものもそうした方針によるものである。

一方、本プロジェクトでの調達が要請される機材としては、下水・排水施設の清掃に用いる高圧洗浄車や汚泥吸引車などがある。それらについても WASA は、多くの機材を保有しているが、25年以上使用している機材もあり、稼動はするものの故障の頻度は高く、また作業効率が下がっている場合もある。

WASA は、保有する機材の維持管理に関わり、大規模な修理用ガレージのような施設は保有せず、軽微な修理や日常の保守点検以外の修理は、基本的に民間企業に外注して行っている。

なお、本プロジェクトに関わる既存施設と機材の概要については、第 3 章にて詳述する。

2-2 プロジェクトサイト及び周辺の状況

2-2-1 関連インフラの整備状況

本プロジェクトの計画対象地域は、パンジャブ州ファイサラバード市である。この地域一帯はかつて広大な砂漠地帯であったが、英国統治時代 1904 年、インダス川支流のチェナブ川上流部カンキ堰から取水する「下チェナブ幹線水路」(Lower Chenab Canal)が建設されてから入植がはじまり、ファイサラバードは周辺農業の集散地の一つとして成長した。本計画対象地域を貫流するジャン用水路とおよび市中を貫流するラック用水路は、「下チェナブ幹線」から分かれる二次幹線であり、ファイサラバードおよびジャン両県の、サトウキビ、小麦、綿花、米などを主産品とする農地は両水路からの灌漑用水に依存している。ただし、大量の用水を必要とするサトウキビ等に対し水路の水量は十分でないため、農民は農業用井戸を設置して不足する用水を補充する傾向が強まった。2本の水路のうち、ラック用水路は市内を貫通し、ADB 事業による施設が完成するまで水路両岸に建設した深井戸が市の唯一の公共水源であった。一方、ファイサラバード市自体は、綿花加工を通じて繊維産業が興隆し、現在ではパキスタン有数の工業都市に成長した。近年、市当局が産業誘致を推進した結果、繊維以外の多様な軽工業が進出している。最近の資料によると、同市および周辺の企業リストは次表 2-2 の通りである。

表 2-2 ファイサラバード県工業関連企業数 (2007 年)

1.	繊維関連	紡績工場	41
		紡織工場	33
		染色・繊維加工・衣料	8,176
2	製油工場		72
3	精糖工場		6
4	製粉工場		37
5	化学工業(石鹼、化学薬品等)・肥料		193
6	機械・工業資材		185

これら工場群は市街の中心部にも一部依然として存在するが、市当局は近年市外に農地の一面を開発し工業団地を造成した。但し、造成区画への進出はまだ 30%程度にとどまっている。既存チェナブ水源の周辺にもこれらの工場が点在しており、工場排水がほとんど無処理のまま水路に放出されるため、将来地下水への影響が懸念される。

ADB 事業の中で、下水道事業は計画の一部であったが、上水道整備に資金の 73%が集中し、実質的な効果があがっていない。このため WASA は、ADB 事業実施後に世銀マスタープランに基づいて、パンジャブ州の年次開発資金により改善事業を継続実施中である。

市街はラック用水路をはさんで西部と東部区域に二分され、西部区域から全ての污水(生活污水、工場排水、雨水等)はパハラン排水路を通じて県の西側境界をなすチェナブ川へ、東部区域からの污水はマデュアナ排水路により東側境界となるラビ川へ放流される。

両排水路は、地下水位上昇のため発生する塩害から農地を守る目的とともに、夏季の降雨時、チェナブとラビ両河川に挟まれたファイサラバード県の地形にはほとんど高低差がないことから生じる市街地における雨水による浸水被害を防ぐ目的で州政府灌漑省により開削された。

市街からの污水は下水管を通じ、数次のポンプ場を経てそれぞれの排水路に放流される。パ国ではこの排水路への放流基準が定められているが、緩い規制であり、工場排水もほとんど処理しないまま放流できる。処理場としては、ADB 事業フェーズ I の計画により、西部区域の下水システムで、パハラン排水路に放流する直前に、嫌気性の一次処理を行う施設が完成したが、処理能力が小さいため、ほとんど無処理の状態での放流されている。このため、全国的に最終的な放出先のインダス河流域の汚染が懸念される現状となっている。

現在進行中の下水道整備は、既存システムを構成する長大な下水管、多数のポンプ場のリハビリテーションを含む難事業であり、住民対策や土地問題も重なって、進行が遅れている。

市内のインフラ整備は道路建設を WASA の上位組織である FDA が担当する。ファイサラバードと県内の郡庁所在地など主要都市は、すべて舗装道路で結ばれており、総延長 1,900km 程度が整備済みとなっている。2003 年 10 月には、州都ラホール、首都イスラマバードに直接連絡する高速道路が完成し、片側 2 車線の近代的な道路は、先に完成していたイスラマバードとラホールを結ぶ高速道路 M2 に途中で合流するもので M3 と命名された。これによりファイサラバードからラホールまでは約 160km、1 時間半程度で到達するため、両市の往来にきわめて利便性が高く

なった。

市街地は都市計画がないまま拡張されてきたため、紡績工場や化学工場が市内中央の一区画を大きく占有するなど、不均衡な発展の跡が残る。敷地面積約 850 ha に達するパ国最大の農科大学とそれに付随する農業試験場も市内中央部に位置し、ベッド数 1,000 床の総合病院と隣りあう。その他の医療施設、教育機関も市街に集中しており、工業都市の特徴として国内主要銀行の支店が軒を並べている。

電力事情は、県内 25 カ所の送電・変電所により、県内ほとんどの地域で村落を含め電化された。本計画の水源候補地に散在する村落もすべて電化されている。

全体的にファイサラバードは発展途上にあり、社会基盤から市内美化まで、今後大都市の体裁を整備するのに各セクターに課題が多い。同市はラホールのような歴史の集積がなく、近年の移民流入により人口が増大し、堅固な市民社会の形成がないまま無秩序に拡張してきたため、各所にそのひずみが現れた。本プロジェクトは其中で特に市民の BHN に密着した課題を対象として、同市開発計画の一端を支援するものとなる。

2-2-2 自然条件

(1)地形

ファイサラバードは、インダス川と 4 本の支流が構成する広大なインダス平野のほぼ中央部に位置する。「パンジャブ」はこれら 5 河川を指す「5 つの川の集まる所」という意味で、さらに、それぞれの河川流路を境界とする 4 つの 2 河川間平野(「ドアブ(=2 つの川)」と呼ばれる)に区分される。ファイサラバード地域は、西をチェナブ川、東をラビ川に挟まれたレチャナ・ドアブに属し、市街はレチャナ・ドアブ中央部に位置する。

インダス水系は地質時代に大規模な氾濫を繰り返し、中流から下流に広大で平坦なインダス平野を作り出した。平野部はパンジャブ州から以南のシンド州まで続き、パンジャブ州総面積 20 万 km² 強の大半を占める。レチャナ・ドアブの中央に位置するファイサラバードは、東西両端の河川寄り地域より地質年代が古い段丘上にあり、周囲よりやや小高くなっているため、地形は同市から極めて緩やかな傾斜で東西の両河川に向かって下降する。市域の標高は 182m~185m、同地から約 25km 北方のチェナブ水源地最北端で 180m であり、距離 1km に対し 0.2~0.3m の勾配しかない。

(2)気象

気温は年較差、日較差が大きい。パンジャブ平野部では夏季の気温は 50 度近くまで上昇する。湿度は一般に低い。パ国は、一般にモンスーンアジアの国々に比べると、全国的に降雨量は少なく大部分の地点で年 500mm 以下であり、計画対象地域の過去 30 年間の平均は約 370mm となっている。季節は 10 月から 3 月頃までの乾季(現地では「ラビ」と呼ぶ)と雨季=夏季(同「カリーフ」)

に分かれるが、まとまった降雨が期待できるのは7,8月に限定される。ファイサラバードでは近年1994、1995年の2年間連続して年降雨量が200mm以下という極端な渇水年を経験した。過去30年間の記録を見ると、ほぼ18年を周期として豊水年が到来するが、その中間期に極端な少雨の時期がある。

ファイサラバード市の降雨量

ファイサラバードの降水量について確率降雨を算出する。雨水については、WASAより2005年から2010年10月までの日当たりの降雨量データを入手した。(表2-4参照)

表 2-3 日最大降雨量 (mm/day)

Year	Month	Days	Precipitation (mm/d)	Year	Month	Days	Precipitation (mm/d)	Year	Month	Days	Precipitation (mm/d)
2005	Jan	1	20.0	2006	Jan	2	8.2	2007	Jan	-	0.0
	Feb	10	8.0		Feb	26	9.2		Feb	11	26.5
	Mar	22	20.0		Mar	28	12.0		Mar	20	15.5
	Apr	26	6.0		Apr	-	0.0		Apr	-	0.0
	May	8	18.4		May	17	19.0		May	4	15.0
	Jun	29	39.0		Jun	30	28.4		Jun	16	12.5
	Jul	12	42.0		Jul	13	27.0		Jul	9	70.0
	Aug	22	24.6		Aug	6	28.0		Aug	30	13.5
	Sep	10	40.0		Sep	2	49.4		Sep	11	7.8
	Oct	12	10.0		Oct	20	3.0		Oct	-	0.0
	Nov	-	0.0		Nov	18	10.6		Nov	-	0.0
	Dec	-	0.0		Dec	5	43.0		Dec	11	5.0
Year	Month	Days	Precipitation (mm/d)	Year	Month	Days	Precipitation (mm/d)	Year	Month	Days	Precipitation (mm/d)
2008	Jan	10	27.0	2009	Jan	5	3.5	2010	Jan	13	0.7
	Feb	3	5.6		Feb	14	16.2		Feb	9	8.8
	Mar	-	0.0		Mar	25	4.5		Mar	4	5.0
	Apr	16	6.1		Apr	8	13.4		Apr	30	1.3
	May	26	35.5		May	4	8.4		May	6	9.7
	Jun	20	15.0		Jun	3	5.2		Jun	30	0.7
	Jul	22	48.0		Jul	14	22.0		Jul	13	101.6
	Aug	12	62.1		Aug	21	54.0		Aug	890	54.0
	Sep	23	20.7		Sep	3	11.4		Sep	8	32.0
	Oct	-	0.0		Oct	5	11.0		Oct	-	0.0
	Nov	-	0.0		Nov	14	0.7				
	Dec	20	10.5		Dec	-	0.0				

出典：WASA 情報より調査団作成(2010)

このデータから年間の最大降雨量（1日の雨量）のみを取り出すと表 2-5 の通りとなる。

表 2-4 日最大降雨量のみを抽出

データを記録した年月日	1日当たり最大降雨量 (mm/day)
2005/7/12	42.0
2006/9/2	49.4
2007/7/7	70.0
2008/8/12	62.1
2009/8/21	54.0
2010/7/13	101.6

雨水については一般に何年かに 1 回起こる大雨を想定する。すなわち、降雨量がある設定降雨量以上になる確率で該当する降雨量が発生する時間間隔の平均値が T のとき、この T を再現期間または確率年と呼び、その設定降雨量が確率年に対応する降雨量となる。データが 6 つと限られるが、確率年 5 年の降雨量を求める。降雨量順位 (J) 順に並び替えを行ったものを表 2-5 に、Weibull (ワイブル) 公式により $P=J/(N+1)$ を算出したものを表 2-6 に示す。

表 2-5 降雨量順位で並び替え

降雨量順位 J	データを記録した年月日	1日当たり最大降雨量 (mm/day)
1	2010/7/13	101.6
2	2007/7/7	70.0
3	2008/8/12	62.1
4	2009/8/21	54.0
5	2006/9/2	49.4
6	2005/7/12	42.0

表 2-6 Weibull 公式により $P=J/(N+1)$ を算出

P	最大降雨量 (mm/day)	最大降雨量順位 J
0.14285714	101.6	1
0.28571429	70.0	2
0.42857143	62.1	3
0.57142857	54.0	4
0.71428571	49.4	5
0.85714286	42.0	6

表 2-4 をグラフ化し、最小二乗法で近似した直線の一次式を得る (図 2-2 参照)。近似式は $y = -0.0117x + 1.2391$ である。資料が少ない中でグラフから 5 年確率を求めるには、確率年を 1 年増加させて確率年値の補完を行い、 $y = 1/(5+1) = 0.1667$ に対応する降雨量 x を求める。(以下の (注))

を参照)

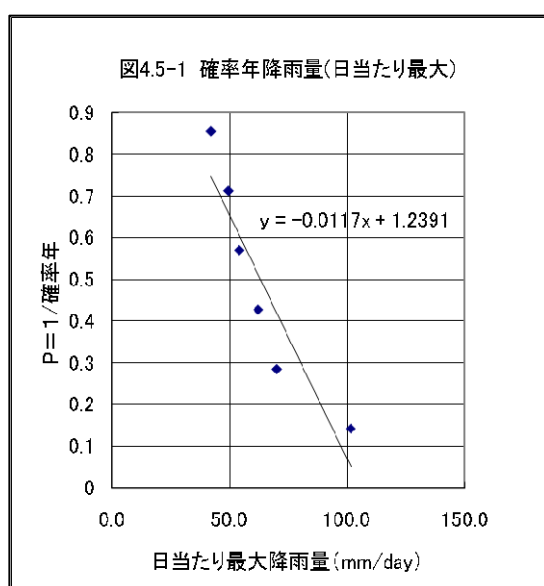


図 2-2 確率年降雨量（日最大）

以上からファイサラバードの確率年 5 年の降雨量は 92mm/日となる。ファイサラバードでは、従来、雨季の間も降雨量は少なかったが、近年、気候変動の影響から降雨量が増加の傾向にあると言われている。入手した降雨量データは近年の降雨量増加を反映したものであり、2005 年以前のデータが加わったとしても算出した年間最大降雨量に与える影響は少ないと考える。

(注)

確率降雨の計算は統計的な推定値を求めているのであり、データの数を超えて再現期間（数十年に一度起こる大雨といった降水量を求める時、その現象が 1 回起こり得る期間を再現期間と言う）ではその推定値が大きく異なることがあるので、データ数（期間）の 2 倍程度までで算出するのが一般的である。再現期間 50 年であれば 25 年間のデータ、確率年 100 年の降水量の推定であれば 50 年間のデータが適当である。また、確率降雨の計算には様々な方法があり、たとえば、Weibull（ワイブル）法、Hazen（ハーゼン）法、Cunnane（カナン）法などがある。それぞれの公式は、

$$P = \frac{i-A}{N+1-2A}$$

P : その雨量以上の雨が降る確率

A=0 の時ワイブル法

A=1/2 の時ハーゼン法

A=2/5 の時カナン法

であるが、ワイブル→ハーゼン→カナンと移るに従い図 2-2 のグラフの傾きが急になるように補正を試みている。本検討では、ワイブル法を用いたが、データ数と再現期間の関係は問題ないがデータ数そのものが少ないため、降雨量推定値を補正する簡単な方法である確率年に1年を足す方法で上記のハーゼン法やカナン法のように降雨量が若干大きくなるように補正をした。

2-2-3 環境社会配慮

「パ」国の環境法及び Pakistan Environment Protection Agency (Review of IEE and EIA) Regulations 2000 では IEE を必要とするプロジェクトの分野として以下を定めている。

- ① 農業・畜産・漁業
- ② エネルギー
- ③ 製造・加工
- ④ 鉱業・鉱物加工
- ⑤ 輸送
- ⑥ 水管理・ダム・灌漑・洪水保護
- ⑦ 水供給・浄水（2千5百万 Rs 以下の水道施設及び浄水場）
- ⑧ 廃棄物処理（年間容量 1 万 m³ 以下の家庭・工業廃棄物処理施設）
- ⑨ 都市開発・観光
- ⑩ その他プロジェクト：その他の必要と判断されたプロジェクト

また、次の分野のプロジェクトについては、EIA の実施が必要とされている。

- ① エネルギー
- ② 製造・加工
- ③ 鉱業・鉱物加工
- ④ 輸送
- ⑤ 水管理・ダム・灌漑・洪水保護
- ⑥ 水供給・浄水（2千5百万 Rs 以上の水道施設及び浄水場）
- ⑦ 廃棄物処理（年間容量 1 万 m³ 以上の家庭・工業廃棄物処理施設）
- ⑧ 都市開発・観光
- ⑨ 環境に敏感な地域
- ⑩ その他プロジェクト：その他の必要と判断されたプロジェクト

本プロジェクトは、下水・排水に係わる機材調達案件であり上記分野に該当しないため、IEE 及び EIA の実施は必須ではない。しかしながら、WASA は、環境社会配慮の一環として 2011 年 1 月に、本計画の環境影響に関する調査として「Initial Environmental Examination Report, Upgradation

of the Mechanical System of Water and Sanitation Agency (WASA) Faisalabad」を現地コンサルタントに委託して実施した。その概要は以下の通りである。なお、当該調査報告書は、PC-1の付属書として添付されている。

まず基本的には、本プロジェクトによる環境・社会への重大な影響はないと評価している。実施により騒音、振動、廃棄物の発生、現場での事故などを周囲に与える負の影響として想定されるが、影響を受ける地域は限定的であるとしている。さらに、操業段階での影響は、機材の化石燃料使用による排気ガスの発生、夜間の操業や作業による騒音、機材の故障などに起因する下水閉塞・オーバーフロー、また狭小路地や過密地域での重機を利用する下水清掃作業によるインフラの破損などを想定している。一方で、WASAの管理能力の不足が利用者に与える負の影響としては、下水溝への固形廃棄物の投下、各家庭内での排水管の不適正な整備、また下水管への不法な接続が示されている。

また、環境や社会へ与える負の影響に対する緩和策は、設計、実施、操業の各段階について環境・社会管理計画（Environmental and social management plan: ESMP）において以下の内容が提案されている。

設計段階：	各活動の工程を示す適正な設計、必要な図面及び位置図の実施前の作成関係者・裨益者からの懸念・意見への対応
実施段階：	各活動実施の確認リストの準備、活動実施前に裨益住民への説明、道路の一時遮断の場合の迂回ルートの把握、塀やシートでの工事現場の隔離、工事資材の適正な貯留、日中の工事作業、機材設置時の安全確保
操業段階：	機材の適正維持管理・定期補修、苦情に対応できる効果的な体制の構築、必要な交換部品・スペアパーツの十分なストック、機材操作の研修、住民へ下水に廃棄物等を投棄しないようにする啓発活動

第3章 プロジェクトの内容

第3章 プロジェクトの内容

3-1 プロジェクトの概要

3-1-1 ポンプ場及び下水・排水システムの現状と課題

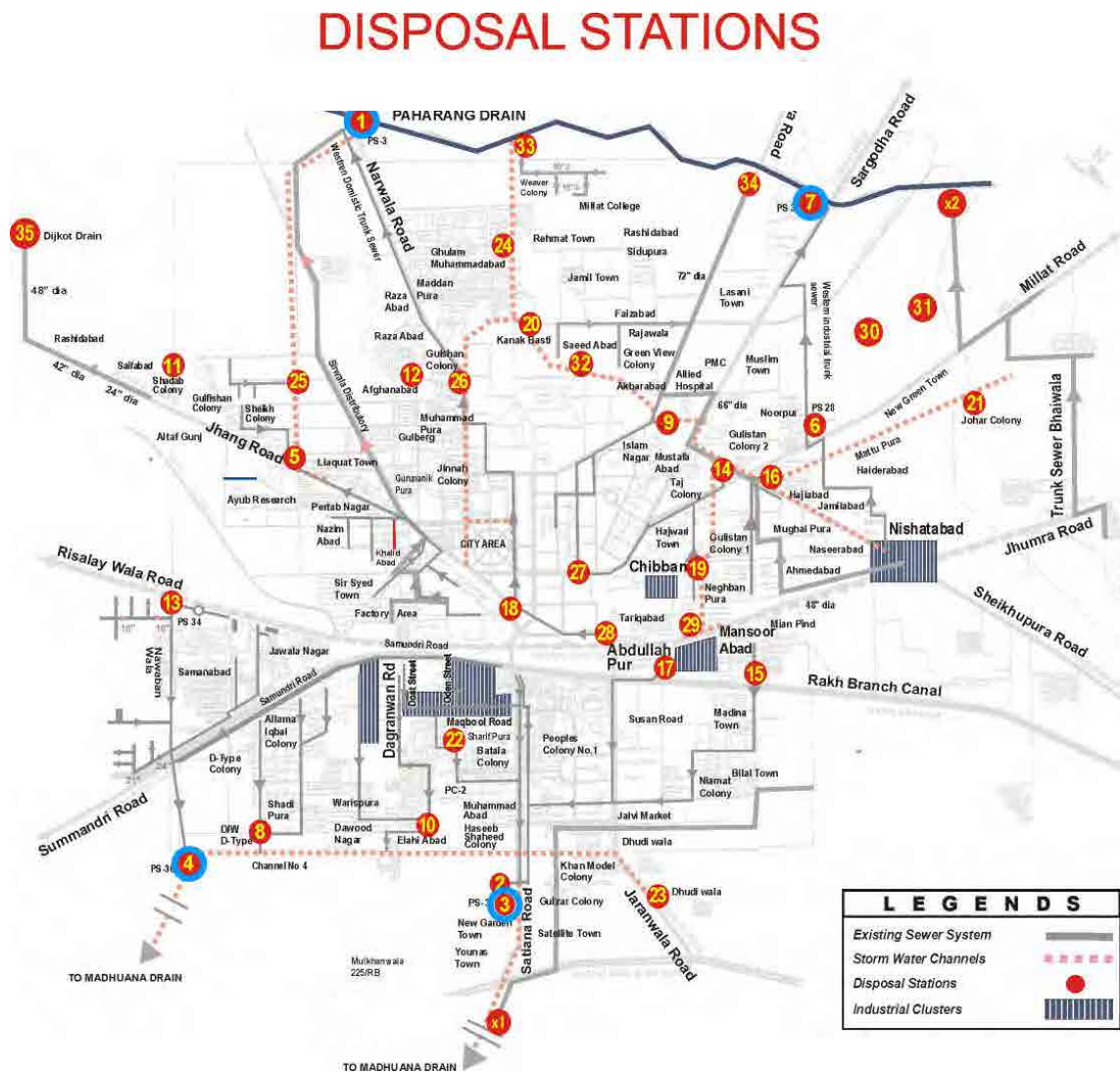
「パ」国の2010年7月下旬から8月にかけての記録的な集中豪雨により、国土の北西部から南部までの流域全体（約16万km²の冠水）において史上最悪の洪水災害が発生した。パキスタン政府（2011年1月）によると、パンジャブ州を含む国土の20%が被害を受け、被災者は2,000万人（うち子供900万人以上）、死者1,500人以上、倒壊家屋190万棟、道路・灌漑施設ほか各種インフラが損壊、20万頭もの家畜が死亡したと報告されている。洪水発生から1ヶ月近くも浸水、冠水状態が改善されず、避難生活を余儀なくされた上、生活、衛生環境の悪化が継続し、今後の洪水対策の緊急性と重要性が認識された。

パンジャブ州ファイサラバード市でも、7月から9月の雨季に例年になく大量の降水を記録したが、他地域のような壊滅的な被災は免れた。しかし、市内の多くの箇所で浸水、冠水が発生し、その状態が持続したことが報告されている。ファイサラバード市の下水道システムは、汚水と雨水を分離して排除する分流式とされているが、住居や工場からの汚水・廃水は、地下に埋設された下水管を通して、市内に縦横に走る開渠の下水溝に隣接して配置されたポンプ場に集水され、汚水ポンプにより再度、下水管・下水溝へ排出される。一方、現状の下水管・下水溝は、雨季の雨水の流路でもあるため、実状は汚水系統と雨水系統が完全に分離されていない合流式になっている。それら下水管・下水溝に汚泥や夾雑物が溜まりその流路としての容量が制限されると、雨水が流入し下水水量が増大した際に下水管・下水溝の能力を超えオーバーフローし、浸水、冠水による都市機能への障害や衛生環境上憂慮すべき状態が発生している。

ファイサラバード市は、中央を南西から北東に横切る鉄道によってほぼ東西に二分され、市内各所に点在するポンプ場から下水管・下水溝に排除された汚水は、市の東の端に位置する幹線排水路（開渠）である Madhuana Drain と、市の西の端に位置するもう一方の幹線排水路（開渠）である Paharang Drain に放出され、最終的に東は Ravi 川へ、西は Chenab 川へ流出する。

WASA が管轄するポンプ場の位置図を下図 3-1 に、既存ポンプ場ポンプ機器一覧を下表

3-1 に示す。



注：青で囲んだ数字のポンプ場は、本計画対象の主要ポンプ場；ピンク色の破線は、主要下水溝
 出典：ファイサラバード WASA (2010)

図 3-1 WASA 既存ポンプ場の位置図

現在、WASA 独自の能力改善強化計画が進行中で、管轄するポンプ場 35 ヶ所のうち市内の 3 ヶ所 (No. 14, 21, 32) を廃止し新設の下水管へ接続、さらに廃止予定のポンプ場が 4 ヶ所 (No. 22, 23, 24, 33) あり、これらを除いた 28 ヶ所のポンプ場の強化と下水管路の新設・延長により、下水道システム全体の効率的な普及に努めている。

しかし、既設のポンプ場機材の中には 1970 年代に設置され、既に 30 年から 40 年以上稼働してきたものがあり、非常に老朽化し、いつ故障してもおかしくないポンプ機器も

ある。さらに、ファイサラバードの人口増加に伴う下水量の増加により、ポンプの下水排除能力が不足する施設もあり、健全な下水道の運営に支障をきたす状況となっている。

ファイサラバード市のポンプ場はその性格上2つに分けて整理することができる。

- 1) 市内中継ポンプ場：主に市内に点在する小規模の汚水ポンプ場でその役割は中継的なポンプ場である。
- 2) 市周辺排水ポンプ場：市周辺部に位置し、中継ポンプ場から集水した下水を幹線排水路へ排出するための、比較的大型のポンプを配置した排水用の汚水ポンプ場である。

それぞれのポンプ場について、以下に述べる。

市内中継ポンプ場

市内の道路沿い、一般住民の居住区の一部、工場建屋脇などに設置されているポンプ場施設で、下水・排水の円形ピットには屋根が無く、ディーゼル・エンジン発電機や制御盤は屋内にあり、ポンプとモータは屋外に置かれている（モータは全閉外扇防沫形で冠水しなければ問題ない）。ピットの大きさは、直径4mから10m、地面から高さ1m程度、幅0.3mから0.6mのコンクリートの壁で囲まれ、深さ10m内外のピットである。このピットの壁の上を越えるか、または、この壁を貫通する揚水管に、汚水ポンプが接続されている。揚水管の最上点から数m下に逆止弁がありポンプ起動時の呼び水を確保している。汚水ポンプは、円形ピットの外側に設置され、ポンプとその動力源であるモータは、ベルト駆動方式で接続されている。

市周辺排水ポンプ場

市内からの下水溝の末端に位置し、下水をポンプアップし、幹線排水路へ排水するための施設である。ポンプ場には建屋があり、地下に大型のポンプが整然と配置されている。下水流入口には、手動式流入ゲート、夾雑物を排除するスクリーン、沈殿スペース（沈砂池）があり、その後ポンプ・ピットへ導かれた汚水は、排水ポンプで吸い上げられ、下水管または直接幹線排水路へ排出される。

表 3-1 WASA ポンプ場ポンプ機器一覧 (2010年11月)

No.	ポンプ場名	タイプ*	管轄支局	ポンプ容量 (cfs)	調達先・メーカー	設置年	状況
1	PS-3 Chokera	排水	西	15	KSB	2000	故障
				25	KSB	2010	稼動
				25	KSB	2010	稼動
				15	KSB	2000	稼動
				15	KSB	2010	稼動
				15	KSB	2000	故障
2	Satiana Road	排水	東	15	Poland	1981	老朽化
				15	KSB	1976	老朽化
				15	KSB	1976	老朽化
				10	KSB	1981	老朽化
				6	KSB	1987	老朽化
				6	KSB	1987	老朽化
				6	KSB	1987	老朽化
				4	KSB	2000	稼動
				4	KSB	2000	稼動
3	Satiana Road PS-31	排水	東	15	KSB	1998	故障
				15	KSB	1998	稼動
				25	Torishima	1988	老朽化
				25	Torishima	1988	老朽化
4	PS-36 Ahmed Nagar	排水	東	15	Local	1998	稼動
				15	Local	1998	稼動
				15	Local	1998	稼動
				15	Local	1998	稼動
5	Jhang Road	排水	西	12	Poland	1975	老朽化
				12	Poland	1975	故障
				12	Poland	1975	故障
				4	KSB	1998	稼動
				4	KSB	1998	稼動
				6	KSB	1998	故障
				6	Local	1998	稼動
				6	Local	2000	故障
				4	KSB	2000	稼動
4	KSB	2000	稼動				
6	PS-28 Noor Pur	中継	西	8	Itay	2000	稼動
				8	KSB	2000	稼動
				8	KSB	2000	稼動
				6	Local	2000	稼動
				4	Local	2001	使用可能
				6	Local	2001	使用可能
				8	KSB	2001	使用可能
7	PS-30 Bawa Chak	排水	西	13	Weir	2000	稼動
				13	Weir	2000	稼動
				13	Weir	2000	稼動
8	D-Type	中継	東	4	Local	1976	老朽化
				6	KSB	1987	老朽化
				4	Local	1976	老朽化
				4	Local	1976	故障
				4	Local	1976	故障
				4	KSB	1987	老朽化
6	Local	1987	故障				

No.	ポンプ場名	タイプ*	管轄支局	ポンプ容量(cfs)	調達先・メーカー	設置年	状況
9	Akbarabad	中継	西	4	KSB	1985	老朽化
				4	Local	1985	老朽化
				4	Local	1985	故障
				4	KSB	1985	故障
				4	KSB	1995	稼動
				4	KSB	1995	稼動
				4	KSB	1995	稼動
10	Elahiabad	中継	東	6	KSB	1987	老朽化
				4	KSB	1987	故障
				4	KSB	1987	老朽化
				4	KSB	1987	老朽化
				4	KSB	1987	老朽化
				6	KSB	1987	老朽化
11	Shadab Colony	中継	西	4	KSB	1995	故障
				4	KSB	1995	稼動
				4	KSB	1996	稼動
				4	KSB	1996	稼動
				4	KSB	1996	稼動
12	Metropole	中継	西	4	KSB	1995	稼動
				4	KSB	1995	稼動
				4	KSB	1995	稼動
				4	KSB	1995	稼動
				4	KSB	1995	稼動
13	PS-34 Samanabad	中継	東	6	KSB	1987	老朽化
				6	KSB	1987	老朽化
				4	KSB	1987	老朽化
				4	KSB	2000	稼動
14	No. 2 Gulistan Colony	中継	西	廃止			
15	Mansoorabad	中継	東	6	KSB	1981	老朽化
				6	KSB	1987	老朽化
				4	KSB	1987	老朽化
16	No. 1 Gulistan Colony	中継	西	10	KSB	2010	稼動
				10	KSB	2010	稼動
				10	KSB	2010	稼動
				15	KSB	2010	稼動
17	Abdullahpur	中継	東	4	KSB	1987	老朽化
				4	KSB	1981	老朽化
18	Girja Ghar	中継	西	4	KSB	1995	稼動
				4	KSB	1995	稼動
				4	KSB	1995	稼動
19	Shadman	中継	西	4	Local	1985	老朽化
				4	Local	1985	老朽化
				6	Local	1998	稼動
				4	Local	2010	稼動
20	Kanak Basti	中継	西	4	KSB	1985	老朽化
				4	KSB	1985	故障
21	Nishatabad	中継	西	廃止			
22	Sharif Pura	中継	東	廃止予定			
23	Last Stop Dhudi Wala	中継	東	廃止予定			
24	Shahi Chowk	中継	西	廃止予定			

No.	ポンプ場名	タイプ*	管轄支局	ポンプ容量(cfs)	調達先・メーカー	設置年	状況
25	Liaqat Town	中継	西	1	KSB	1995	稼動
				1	KSB	1995	稼動
				2	KSB	1995	稼動
26	Gulshan Colony	中継	西	2	Local	1988	老朽化
				2	Local	1988	故障
27	G.B.S. (General Bus Stand)	中継	西	2	Local	2000	使用可能
				2	Local	2000	使用可能
28	Tariqabad	中継	西	2	Local	1988	老朽化
				2	Local	1988	老朽化
29	Mehmood Abad Tower	中継	西	2	Local	2000	使用可能
30	Millat Town B-Block	中継	西	2	Local	1988	老朽化
31	Millat Town D-Block	中継	西	2	Local	1988	老朽化
32	Raje Wala	中継	西	廃止			
33	Weaver Colony	中継	西	廃止予定			
34	Bawa Road	排水	西	15	KSB	2010	稼動
				15	KSB	2010	稼動
				15	KSB	2010	稼動
				15	KSB	2010	稼動
				15	KSB	2010	稼動
				10	KSB	2010	稼動
35	Dijkot Drain	排水	西	4	KSB	2010	稼動
				4	KSB	2010	稼動
				4	KSB	2010	稼動
				4	KSB	2010	稼動

*中継：市内中継ポンプ場、排水：市周辺排水ポンプ場

出典：WASA 資料より調査団作成（2010）

上表のポンプ場を東西支局別管轄にまとめると、以下の通りとなる。

表 3-2 WASA 各支局管轄のポンプ場数

支局	市内中継ポンプ場			市周辺排水ポンプ場			合計		
	稼動中	廃止 (予定含む)	小計	稼動中	廃止 (予定含む)	小計	稼動中	廃止 (予定含む)	小計
東	7	2	9	2	0	2	9	2	11
西	14	5	19	5	0	5	19	5	24
合計	21	7	28	7	0	7	28	7	35

下水は、日常生活に由来する家庭からのし尿・汚水、工場からの廃水、商業その他の排水および雨水を含む下水管または下水溝に排出される全ての排水をさし、雨季には雨水の流入によって下水量が増大する。現地調査時（2010年11月）は乾季であったため、雨水の影響はほとんど無く、下水は家庭の生活排水、工場排水、商業排水など住民の日常生活に由来する汚水と排水で、目視で確認可能な中継ポンプ場の排水ピットの水位は低く、雨水の流入が無い乾季においては、下水管または下水溝へ排出する市中心部のポンプ場の機能は十分である。市周辺部のポンプ場では、市内の各ポンプ場から下水が集

められるため下水量は多く、WASA オペレーターへの聞き取りによると、雨季においては下水量の増大によりポンプ能力は限界に近い状態になることが報告された。また、市内で進められる下水管路の増強に伴い集水される下水が増大する中、その排除ができない場合は、市周辺部においてオーバーフローする状況にある。

内陸にあるファイサラバード市の下水道は、市郊外を流れる幹線排水路に向けて汚水を流すシステムとなっている。表 3-1 に示されるようにファイサラバード市には 35 か所のポンプ場があるが、それらは系統の中で暗渠や開渠でつながり、市中心部から市郊外へ行くに従い合流する地域からの汚水や雨水が集まり水量が多くなる。すなわち幹線排水路に近い主要ポンプ場は、ポンプ場としての機能が停止した時に影響する範囲は広く住民への被害も大きくなることから、ポンプ場としての重要度が高い。一方、市中心部に近いポンプ場でも故障への対応や処理能力の増強が必要なものがあるが、それらの設備は小型で、WASA 自身による更新や改善の可能性があるのに対し、容量の大きな市周辺部の主要ポンプ場の更新は、資金的にも技術的にもより難度が高いと位置づけられる。

人口増加や将来の下水道システムの姿なども考慮した WASA の見解として、上表 3-1 に示されるファイサラバード市の 35 ヶ所の汚水ポンプ場に含まれる市周辺部の排水ポンプ場の内、以下の 6 ヶ所が、主要ポンプ場とされている。

- No. 1 PS-3 Chokera
- No. 3 PS-31 Satiana Road
- No. 4 PS-36 Ahmad Nagar
- No. 5 Jhang Road
- No. 7 PS-30 Bawa Chak
- No. 34 Bawa Road

No.3 PS-31 Satiana Road に隣接するポンプ場として No.2 Satiana Road が存在し、同様に幹線排水路に近い流末の排水施設として機能しているが、WASA が主要ポンプ場と位置付けておらず、本計画の対象としての検討には含まれていない。

上記のうち、No. 34 Bawa Roadは、2010年に竣工したばかりの新設のポンプ場であるため、現在改修の必要はない。また、Jhang Road については、現状では主要ポンプ場とされるが、PS-3 Chokera に直結する大口径の下水幹線の完成により、今後当該ポンプ場の負担が軽減される見込みであることから、PS-3 Chokera の能力が増強されるならば、改修は不要である。このような状況から、ファイサラバード市の下水排水能力強化に有効とされるポンプ場についてWASAと協議を重ね、限られた予算の中で、投資効果を発揮する対象として、以下の4ヶ所のポンプ場を本計画で改修することを最終的に決定した。

- No. 1 PS-3 Chokera
- No. 3 PS-31 Satiana Road
- No. 4 PS-36 Ahmad Nagar
- No. 7 PS-30 Bawa Chak

現在ファサラバードでは、人口増加による汚水量増加や発展する経済・社会活動に伴う商工業地域からの排水量の将来的な増大に対応すべく、下水幹線および枝管の増強が急速に進められている。そうした状況への対応が、本計画の対象となる 4 ヶ所のポンプ場において以下の通り緊急な課題となっている。

PS-3 Chokera

市の西端に位置する Paharang Drain に隣接したポンプ場で既存の Western Domestic Trunk Sewer により市西部からの下水を受け入れている。2009 年に着工され現在建設中の直径 1,800mm の下水幹線 (Sir Wala Distributary) が完成することにより流入量が増大するため、それに応じたポンプ能力の増強が必要となっている。6 台のポンプのうち 2 台が故障している。

2) PS-31 Satiana Road

市南部の下水の一部を受け持ち、大きな工場地帯や People's Colony のような人口密集地を含む。当該ポンプ場からは、Satiana Road Sullage Drain を経て市東部の幹線排水路である Madhuana Drain に放流される。当該ポンプ場への流入量は、建設中の People's Colony からの下水幹線と対象区域で増設される枝管が完成することで 2011 年までに増大が見込まれるため、ポンプ容量の増強が必要となる。4 台のポンプのうち設置後 12 年を経た 1 台が故障、他の 3 台は稼働中であるが、22 年を経た 2 台は老朽化し更新時期を迎えている。

3) PS-36 Ahmad Nagar

PS-31 同様に市南部をカバーする。当該ポンプ場からは、Channel No.4 を経て Madhuana Drain へ放流される。既存の下水幹線 (Sammanabad) からの流入量に加え、現在建設中の D-type ポンプ場からの直径 1,350mm の下水幹線が 2011 年に完成することにより流入量が増大する。

4) PS-30 Bawa Chak

市北部に位置し、北西部を対象区域とする。Nishatabad の工場地帯からの下水幹線

(Western Industrial) を西側の幹線排水路である Paharang Drain に直接放流している。現状において当該ポンプ場に流入する新規の下水幹線等の計画はないが、対象区域の人口増加および工場排水等の増加分に対応すべく 2011 年までに下水枝管が増設されるためポンプ容量の増強が必要となる。

3-1-2 下水管・下水溝清掃機材の現状と課題

下水管・下水溝の流下能力の向上と能力確保については、ポンプの能力を増強し、かつ、雨季の集中豪雨対策として常設の予備ポンプの数量を増大することが必要である。ただし、排除された下水を受け入れる下水管・下水溝にその能力が無ければ、オーバーフローを増大させる場合がある。このため排水の流路の能力確保は、ポンプ場の強化と共に重要である。

ファイサラバード市は概して平坦な地形である。市内の地表面の高低差は少なく、自然流下の下水管・下水溝の勾配も緩い。このため自然流下式の流下能力は、下水管・下水溝の許容容量と共に内部の勾配と摩擦抵抗（障害物により疎通の抵抗）が大きく影響する。投棄されたごみや夾雑物等の沈積と浮遊物により下水溝の閉塞が発生し、機能が極端に低下している。一方、下水管・下水溝内には沈積した堆積物が流路をさえぎって自然流下の障害やオーバーフロー（浸水、冠水）の原因となっている。このため、正常な自然流下の機能を回復させるための機材の整備・改善と共に下水溝の浚渫、下水管の清掃を行うことが緊急に必要な状況にある。また、下水道システムの効率的な運営をはかる体制の強化が必要である。また、下表 3-3 に示す既存清掃用機材の老朽化と数量不足が課題であるため新規機材の調達が必要である。

WASA 保有の下水管・下水溝清掃用機材の現状評価は、下表 3-3 に示す通り、ほとんどの機材が耐用年数を過ぎ、老朽化しているため更新が必要である。

老朽化の尺度として機材の耐用年数がある。下水道の施設では、劣化要因として、回転、振動、接触、繰り返し負荷などの機械的要因、絶縁劣化や接触不良などの電気的要因、腐食性ガス、砂の付着、汚物の付着、湿気、紫外線などの環境的要因が考えられる。また、耐用年数はその機材のメンテナンスの状況に大きく左右される。一般的に、屋内に保管し、予備品や消耗品を十分に揃え、取換えを日常的に重ねていれば、エンジンやモーターのような核になる部材が壊れない限り耐用年数以上に使用できる。また、機材一式を予備機として持つことも老朽化対策の 1 つである。個々の機材の老朽化は進むが、システム全体で考えた場合は、予備機が作動することで機能を維持で

きる、そのための余裕を持つことも継続使用の観点から重要である。老朽化していても使用できる機材はあるが、いつまで使用できるのか客観的に期間を算出できないことなどから老朽化の客観的な評価基準としては、「下水道用設計積算要領」（日本下水道協会）を参考とし、実際の稼働状況を加味して継続使用の可否を判断した。

表 3-3 WASA 保有の清掃用機材一覧と耐用年数 (2010 年 11 月)

No.	機材	管理場所	支局	数量	仕様	調達国・製造元	調達年	耐用年数*	現状評価
1	高圧洗浄車 Jet Machine	People's Colony	東	1	6,500 lit	Sweden	1991	9.5	老朽化
		People's Colony	東	1	7,000 lit	Pakistan	2003	9.5	稼働
		Allama Iqbal Colony	東	1	6,800 lit	Hino	1994	9.5	老朽化
		Madina Town	東	1	5,682 lit	Perkins	1984	9.5	老朽化
		Ghulam Muhammad Abad	西	1	4,500 lit	Isuzu	1996	9.5	老朽化
		Gulberg	西	1	6,500 lit	Samsung	1986	9.5	老朽化
		Civil Line	西	1	5,400 lit	IVECO	1995	9.5	老朽化
2	汚泥吸引車 Suction Machine	People's Colony	東	1		Nissan	2005	11.0	稼働
		Civil Line	西	1	7,000 CC 6 cylinder	PMC	2000	11.0	故障
		Civil Line	西	1	6,000 lit	Hino	2007	11.0	稼働
3	バックホウ Backhoe	Ghulam Muhammad Abad	西	1	10 ton (148 HP)	Daewoo	2003	9.0	稼働
4	バケットクレーン Bucket Crane	Civil Line	西	1	25 ton	Sumitomo	1987	14.5	老朽化
		Civil Line	西	1	25 ton	Sumitomo	1987	14.5	老朽化
5	ダンプトラック Dump Truck	Civil Line	西	2	7,000 cc 6 cylinder	DAF	2000	11.0	1 運転可 1 故障
6	排水ポンプセット Dewatering Set	O&M East Directorate	東	37	1/2 cfs	27 Pakistan 10 China	1981: 7 2000: 20 2009: 10	13.0	30 稼働 7 故障
		O&M West Directorate	西	33	1/2 cfs	China	1995: 6 2000: 12 2009: 15	13.0	23 稼働 10 故障
7	トラックター・運搬車	O&M Water		1	75 HP	Millat 375	1998	—	老朽化
8	ステーションワゴン	WASA 本部		6	800 cc	Suzuki Pak.	1987-90	8.5	老朽化
9	ピックアップトラック	WASA 本部		4	800 cc	Suzuki Pak.	1990-92	8.5	老朽化
				2	800 cc	Suzuki Pak.	2004	8.5	運転可
		O&M Directorate	西	1	3500 cc	Mazda	1990	9.5	老朽化
10	安全装備	O&M Sewerage	西・東	17	ガス・マスク	France	2008-10	—	使用可
11	コンピューター／ソフトウェア	WASA 本部		10	P-III	HP	1998-2002	—	廃止
				25	P-IV ラップトップ	HP	2003-10	—	使用可
12	通信機器(無線器)	O&M Water		40		Japan	2009	—	使用
13	ガレージ・ワークショップ	Gulistan Colony (Civil Line)	西	1	車輛ワークショップ		1980 建設	—	老朽化

*耐用年数は建設機械等損料表および日本下水道協会資料（下水道用設計積算要領）による
出典：WASA 資料より調査団作成（2010）

3-1-3 本プロジェクトの位置付け

本プロジェクトの要請内容は、下水管・下水溝の清掃機材及びポンプ場の新規機材調達から構成される。マスター・プランに沿った調査は、適切なドナー支援が受けられておらず、予算不足で計画通りの進展が見られていない。しかし、ファイサラバード市のWASAが目指す下水・排水の目標は、世銀による1993年の改訂マスター・プランに沿って行われており、プロジェクトの遅延はあるがパンジャブ州及びWASAの自己資金を捻出して市内から幹線下水溝へ至る下水管布設やポンプ場建設が行われている。

一方で、当初マスター・プランの第1期工事は、1985年に開始され2000年に完成したが、既に10年以上が経過し既存のポンプ場設備の老朽化が進み、すでに故障停止しているものや故障の可能性が高い設備が多く存在して、現状の機能維持に係る不安要因となっている。

また、第1期マスター・プランにより設置された下水管及び下水溝には、長年の汚泥及び固形廃棄物が沈積しているが、浚渫・清掃作業に必要な機材も老朽化し、維持管理機能が低下している。このため、下水管の閉塞に起因する逆流や下水溝のオーバーフローによる浸水が頻繁に発生し、雨季においては雨水が下水管及び下水溝に流入するため浸水や冠水等の被害が拡大している。現状を踏まえ、現地調査の結果をまとめると以下の通りである。

- 1) ファイサラバード市中心部の下水・排水を市周辺部の幹線排水路へ排除するマスター・プランの基本方針に変更は無く、WASAは従来の既存下水溝に替わる新しい大型下水管（54～72インチ管）の埋設工事に着手している。
- 2) 市中心部のポンプ場は、上述の新しい下水管が機能すれば廃止されるものがある一方、人口増が進む地区に新たなポンプ場建設の計画があり、マスター・プランの方針に沿った下水道システム全体の整備を都市の発展に合わせて行っている。
- 3) WASAでは、全ての下水・排水を幹線排水路へ排除することを基本方針としおり、市周辺部に設置されたポンプ場は益々その機能の重要度が増大している。
- 4) 市周辺部のポンプ場はファイサラバード市の下水道システムの要である。しかし、ポンプ故障や能力不足があり、改善が必要であるが、改善案はマスター・プランの構想には組み込まれていない。新たな下水管工事の完成も、市周辺部の既存ポンプ場

が正常に機能しない限り、その計画が功を奏さず、市全体の下水の排除に混乱が生じる原因となる。

- 5) 既存の下水溝（開渠）や蓋つき下水溝（一部の区間コンクリート・ブロックで蓋をした暗渠）はごみの投棄、土埃の沈降、汚泥などが沈積し、下水溝としての流下能力を著しく阻害している箇所が市内の至る所で見られる。これらの改善も緊急かつ、下水道の本来の機能確保に重要な問題であるが、マスター・プランは新設のハード中心で既存の改善と運営面でのソフトをカバーしていない。
- 6) 下水管についても、ごみや土埃、汚泥の堆積がひどく、管閉塞事故が頻繁に発生している。下水管を下水・排水が流下しなければ、下水道システムは成り立たず、管閉塞問題の改善は現在の WASA の最重要課題である。この点については、1993 年の改訂マスター・プランでも既に指摘されているが、具体的な計画は新規の管網整備が中心となり、この点での改善は進んでいない。
- 7) 上記 5) と 6) については、機材による清掃・浚渫作業が有効である。作業体制、作業員数、作業担当地域、機材配分など組織的な枠組みはできているが、既存の機材は故障して動かないもの、古くて能力を十分に発揮しないもの、路地や電線の低い狭小地に向かない機材などが多く、緊急の作業に支障をきたす状態である。
- 8) 市周辺部のポンプ場で機能不足が想定される主要ポンプ機材の補強と既設の下水・排水の流路を確保するための清掃機材の増強は、改訂マスター・プランの構想と機能を補完するため重要とされながらも、現状では改善策が取れておらず支援が必要である。
- 9) ファイサラバード市の近年の浸水及び冠水被害の軽減のためには、上記の下水溝・下水管の清掃・浚渫作業に係る機材の更新と市周辺部ポンプ場の増強は、ファイサラバード市の下水道システムの機能をより円滑にし、問題解決のために緊急に必要な支援である。

3-2 協力対象事業の概略設計

3-2-1 設計方針

(1) 基本方針

本計画は下水道システムの構築、改善のようなシステムの基本にかかわるものではない。これらの基本計画は、ファイサラバード市のマスター・プランや給水を担当する WASA の計画に委ねる。本計画は、緊急の問題への対策としての浸水回避または冠水地域の縮小を目的とした、機材計画と設備設計を原則とし、以下の2つの側面を検討した。

- 1) **ポンプ場の補強の必要性**：ここでは既存設備の老朽化、排水能力不足、停電時の処置などについて現状を調査した結果から、有効な対策と必要な設備を提案する。
- 2) **下水管・下水溝の流下能力の向上と能力確保の必要性**：汚水ポンプの能力を増強し、かつ、雨季の集中豪雨対策として常設の予備汚水ポンプの数量を増加しても、排除先の下水溝にその能力が無ければ、下水溝のオーバーフローを招き、浸水のリスクが増大する。排水の流路確保は、ポンプ場の強化と共に重要である。雨水については、ファイサラバードは年間を通じて雨量の非常に少ない地域であるが、雨季に降雨が集中する。また、下水管・下水溝の現状が本来の流下能力を保持していない問題があることで冠水が発生している。年間を通し発生している汚水と下水の冠水を完全排除することがより重要な問題と判断される。

雨水による冠水問題については、周辺部低地の農地が雨水調整池として機能し、その貯留能力と関連してポンプ場への雨水流下時間の遅延が効果を発揮して、都市部に対する雨水対策の効果的な手段となっている。また、周辺部低地における冠水時の状況は、排水ポンプなどの機材を導入することにより一部の土地を除き、数時間から1日程度で冠水が復帰している。冠水問題解決のためには、ポンプ場と下水溝・下水管の本来の能力確保と重点的強化を検討することが、対症療法的ではあるものの効率的であると判断した。

(2) 自然環境条件に対する方針

ファイサラバード市は、沖・洪積層の砂層の平坦な地形の上に形成された都市である。この平坦な地形の上に形成された下水溝の勾配は緩く、下水の流速は遅い。そのため、下水溝内では土砂が沈降しやすく、投棄される廃棄物も押し流されるよりそのまま堆積しやすい状態である。

また、ファイサラバード市は近くにあるパンジャブ州の大都市ラホールを追随するように急速に市街化が進んでおり、市街の道路はアスファルトで舗装され、コンクリート

や素焼きレンガの住居が市中から市外へ広がっている。保水能力の大きい田畑や遊牧地は減少する傾向にあり、降雨の地表面への流出量は増えている。

ファイサラバード市の年間降雨量は 1995 年から 2009 年までの平均で 376mm である。年間降雨日数は 40 日前後、その中で 1 日 10mm 以上の降雨のある日は 10 日程度である。過去のデータから、ファイサラバード市は乾燥した気候で、1 年間のうち約 350 日は晴天の日であるが、WASA から入手した最近の降雨データ 6 年分 (2005-2010 年) を分析して最大降雨量を計算すると、最大降雨量の基準として日本で一般的に用いられる 5 年に 1 度の確率で想定される降雨量 (都市計画法施行規則第 22 条) は、ファイサラバードで 92mm/日となる。このため、WASA 管轄地域 15km 四方の面積 225km² の総雨量は約 240m³/秒と大きな量となるが、乾燥気候であるため、水文・水収支的にはこの 3/4 は蒸発散と地下に浸透すると推測し、下水溝や低地に流出する流量は残りの 1/4 程度、約 60m³/秒と推測する。²

現場で低地の冠水問題を聴取すると、従来は 3~4 時間程度、2010 年 7 月 13 日の大雨の時は市内で水が引くのに 5~6 時間程度で、低地かつ周辺から水が集まるところでは、12~24 時間であった。このため、ファイサラバードの冠水軽減対策は、平坦で緩勾配の地形であるがゆえに、下水の流路の確保と同時に流下能力の向上が重要である。

ファイサラバードでは、従来、雨季にも降雨量は少なかったが、近年、気候変動の影響から降雨量が増加の傾向にあると言われている。年間最大降雨量、確率年 5 年の降雨量 92mm/日は、降雨頻度からも、降雨としては非常に少ないと言える。しかし、過去の浸水被害の報告から、ファイサラバードのような砂層の平坦な地形であっても、降雨が短時間に集中すれば一部地域で浸水が発生している。ファイサラバード市の地形から、浸水が予想される低地においては、その地域をカバーするポンプ場の能力チェックや能力強化の検討、住民への浸水警報や注意報の発令、排水ポンプセットなどの浸水対策のための配置、日常の下水溝、下水管清掃地域の優先順位付けなど実際的な対策を検討する。

個々のポンプ場の能力強化の対策では、降雨の実態、雨水の地上での流れや雨水たまりの大きさなどを正確に把握することが困難である。また、自然環境の変化や将来の気象変動などを考えると、浸水に対する対策のために必要とされるポンプ場の規模や能力の決定が難しい。雨水の排除に能力が表れるのは、市内の下水と合わせて収集し、ポン

² 日本下水道協会発行の「下水道施設計画設計指針と解説」の解説に雨水流出は土質、植生、地域の用途などにより浸透及び不浸透の程度が異なる。この程度を表す流出係数の標準値として、勾配の緩い山地の場合、0.2~0.4 の記述がある。ファイサラバードの場合、都市部は少なく、周辺は砂地の平地であり、流出係数を小さめの 0.25 と設定した。

プで幹線排水路へ排除する機能を担う市周辺排水ポンプ場であり、限られた資金を有効に活用する観点から、また、ファイサラバード市全体の下水道システムを強化する観点から、主要幹線の4ヶ所のポンプ場への改善、能力強化投資が最も望ましいと考えられる。

(3) ポンプ場に対する方針

既存の35ヶ所のポンプ場について、WASAの現状を調査し、その結果より、必要な対策と有効な設備の改善策は以下の通りである。

- 1) 老朽化した設備は緊急時の対応に支障をきたすことがあり、新たな設備に更新することが肝要である。既存の機械機種、電機機種、稼動状況、作業目的と使用機種の特徴、維持管理の難易度などの分析により更新と代替機種の検討を行った。
- 2) 地理的条件、稼動頻度、人口密度、WASAの下水道システム構想などにより重点的に強化するポンプ場を特定した。これらは、過去のデータで算出した降雨量は少なく乾燥地帯であるが雨季の短時間に集中して降る雨水の排除には重要な役割を果たすポンプ場である。
- 3) WASAでは下水道システムの改善と増強を実施中である。この動きを十分に理解して、各ポンプ場の改善と有効性を確認しながら、施設の特定と強化の方向性を決定した。
- 4) 現在稼動しているポンプ場は、施設の機能や配置位置などより、ポンプ場として求められる役割が異なる。既存機器のタイプも複数あり、既存の機器との組み合わせを検討し、既存の施設の有効な部分を生かしながら最適な更新機材を選択する。
- 5) 動力源としてファイサラバード市の電力供給事情も考慮する。停電発生時の対処方法の検討では、停電が通年で発生しているため、非常時運転用ディーゼル・エンジン付発電機の必要性が高いため、ポンプ更新に伴い、必要な発電機の設置を前提とする。

(4) 調達事情に対する方針

本プロジェクトは機材調達案件であり、調達方式は、日本法人の商社あるいはメーカーを対象にした一般競争入札が採用される。入札に参加する企業は、アフターサービス体制が確保されていることが条件とされる。また、車輛類・建設重機など比較的簡易に引渡しが可能である機材と、ポンプ・発電機などメーカーの派遣技術者による据付工事や試運転・初期操作指導が必要となる機材で構成されるため、調達のロット分けを検討し、合理的な実施計画を立案するものとする。

調達機材に関して、調達先を我が国、現地、第三国含めて検討を行うが、その際、メーカーが現地でアフターサービスを展開できる体制が整っていることを確認する。第三国製品は、欧州各国・米国・アジアが対象となるが、価格や品質だけでなくユーザーの立場にたって機材の適正を評価し、総合的な判断を下す。すなわち、既存のWASA

所有機材と操作方法・維持管理の上で大きな差がなく、現地関係者に受け入れられ易いものであることを条件とする。

(5) 運営・維持管理に対する対応方針

要請される機材と同様のものを WASA が既に使用しているため、本計画実施後の操業に問題はない。下水施設の長期的かつ定期的な清掃作業については、ソフトンポーネントを通じて適切な計画策定を促すこととする。機材の保守整備については、WASA が外注していることから、WASA の整備体制の拡充は行わないが、現地でのアフターセールスサービス体制を重視した調達を行うこととする。

(6) 機材のグレードの設定に係る方針

下水道システムについては、WASA の計画の下、下水管の埋設工事が市内数ヶ所で実施されており、新設の汚水ポンプ場で既に操業しているもの、建設計画があり来年度にも着工するものなどがあり、独自に強化し、下水道普及促進を図る姿勢がある。しかし、既存の汚水ポンプ場には老朽化の進んだポンプや、ポンプ付帯設備およびバルブなどがある。大型のポンプ（容量 25cfs）は比較的新しいが、中型のポンプ（容量 15cfs、10cfs）は 30 年を経過したポンプが稼働している。各ポンプ場の調査では、老朽化した中型ポンプをポンプ場の効率化のために、排水能力を 1 ランクまたは 2 ランク上の大型ポンプに更新したいとの希望もあり、ポンプ場の排水能力を考慮に入れたポンプのサイズを検討した。協力事業の内容として、以下の 3 項目が重要である。

- 1) 汚水の排除を中断することなく、効率的に継続するため既存の下水道システムの中で重要な位置を占めるポンプ場のポンプと、その付属品を含め、故障ポンプや老朽ポンプの更新、能力強化を図る。同時に停電時に備えた発電機についても補充する。
- 2) 地域住民の不満の対象になっている下水管の閉塞を解決するための適切な機材を調達する。
- 3) 調達する機材を機動的かつ迅速に目的地で稼働させて問題解決を図るための運搬手段としての車両を調達する。

WASA の事業が効果的に実施されるための機材の改善を検討するが、WASA の能力、労働力、管理体制などから WASA 自身が補強、改善で導入された機材の有効利用が出来ることも重要であるため、適切な運営維持管理計画を提案する。

一方、各機材の仕様の決定に当たっては、それぞれの使用環境に応じたものとするべく必要な検討を行った。ポンプについては、汚水に加え、工場から廃棄された繊維など夾

雑物を多く含む下水の揚水に用いるため、ポンプ構造はそれを考慮したものとなる他、羽根車の材質についても流入する水質を考慮のうえ適切な仕様とする必要がある。車輛類については、市街地での移動のためクローラ式よりはホイール式が望ましいが、冠水した道路や道路外での作業も必要となるため頑強な構造と総輪駆動を備えることが想定されるなど、それぞれの機材につき具体的な使用場所や使用状況を把握して仕様を決めた。

(7) 関連法規、許認可制度に対する方針

既存ポンプ場の建屋の除去、ポンプ・発電機等の撤去、また、建屋の新設に関する法規は「パ」国には無く、また、その作業に係る許認可等も必要では無いと確認した。但し、撤去した機材類は、WASA ファイサラバードの中央倉庫に保管する必要がある。

(8) 工期に係る方針

供与機材の輸送については、カラチ港からの国内輸送を含む。内陸輸送については昨年パンジャブ州の洪水被害、および本年のカラチを中心としたシンド州における洪水被害による国内輸送機関の混乱を鑑み、雨季における内陸輸送を避けるよう工期を設定する。また雨季前に内陸輸送を完了しても、雨季の間は下水溝・下水管および下水ポンプ場への流入量が増加するため、その間、既設ポンプ場の運転を停止し現地側負担の施工をすることと、機器の設置工事を行うことは避ける必要がある。このため、全ての施工は雨季前に完了させるよう現地側と十分な調整を行う。

日本側については業者契約の時期によって、輸送および現地における機器の設置工事のタイミングが決まることから、雨季前に全ての機器設置工事を完了するか、または雨季明けに内陸輸送が行えるよう、柔軟に工期を設定することとする。

3-2-2 基本計画（機材計画）

(1) 全体計画

要請機材の内、調達対象機材は次の2種類に分類できる。

表 3-4 要請機材の分類

分類	機材	用途
清掃用機材	高圧洗浄車 汚泥吸引車 バックホウ、バケット・クレーン ダンプトラック クレーン付トラック ピックアップ・トラック 排水ポンプセット	下水管清掃 下水管清掃、冠水時対策、汚水ピット清掃 下水溝清掃 堆積物運搬、 機材・人員運搬 機材・人員運搬 冠水時対策
ポンプ場機材	ポンプ 発電機	下水ポンプアップ 非常用電源

なお、WASA の要請リストに、ステーション・ワゴン、安全装備、コンピューター及びソフトウェア、通信機器、ガレージ・ワークショップ、モニタリング・評価システム及び機材があるが、WASA としては、優先順位は低く、いずれも「パ」国側の責任で、必要に応じて「パ」国側が調達することで合意した。

(2) 機材計画

現地調査で確認した要請内容は、以下の通りである。オプション1はWASAが優先的に希望する数量であり、希望に添えない場合を考慮して、調査団との協議結果がオプション2である。また、各機材については、優先順位が決定している。

表 3-5 要請機材一覧

No.	機材	仕様	数量*1		優先度
			オプション1	オプション2	
1	高圧洗浄車 Jet machine	既存同様	12	8	高
2	汚泥吸引車 Suction machine	既存同様	2	2	高
3	バックホウ Backhoe	中型	1	1	高
		小型	1	1	
4	バケット・クレーン Bucket crane (Clam shell)	中型	2	2	高
		小型	2	2	
5	ダンプトラック Dump truck	既存同様	6	6	高
6	クレーン付トラック Crane truck	排水ポンプセット等の運搬用	6	2	中
7	ピックアップトラック Pick-up truck	Double cabin	6	4	中
8	排水ポンプセット Dewatering set	1 cfs (Diesel)	25	13	中*2
		2 cfs (Diesel)	16	4	
		2 cfs (Electric)	6	4	
9	ポンプ場内ポンプ Pumps for disposal stations	2 cfs	3	0	低
		4 cfs	14	0	低
		6 cfs	3	0	低
		10 cfs	5	2	中
		15 cfs	4	2	高
		25 cfs	12	10	高
10	ポンプ場内発電機 Generator for disposal stations	50 kVA	1	0	低
		75 kVA	2	0	低
		210 kVA	2	0	低
		300 kVA	1	1	中
		500 kVA	4	2	中

*1 オプション2は最低限に必要な内容、オプション1は予算的に余裕があった場合、お願いする内容

*2 先方側は「低」としたが、技術調査から「中」と判断した。

出典：Technical Note の内容により調査団作成(2010)

清掃用機材が対象とする下水道施設は下水管と下水溝であり、冠水被害発生時は現場の被害復旧を目的として使用される。下水管が閉塞するとその周辺で下水がオーバーフローし冠水が発生する。発生地区の住民は WASA に対し苦情通報を発生し、WASA はそれを受け、機材と共に要員を現場へ派遣して復旧を行う。この苦情処理以外にも下水道施設の定期的な清掃による維持管理に使用しているものの、苦情件数が多いため現状ではこの処理を優先する状況にある。ポンプ場機材の調達については、老朽化が進んでいるため流入する下水を処理し切れず、オーバーフローの一因となっている現状を改善することが目的であり、清掃用機材と合わせ冠水被害を軽減する有効な手段となる。

以上の現状を鑑み現地調査において確認した要請内容について、その妥当性の検討結果を以下の表に示す。

表 3-6 要請機材の妥当性

No.	機材名	要請概略仕様	妥当性
1	高圧洗浄車	タンク容量 4m ³ 級	下水管の閉塞に起因する冠水が頻発しており、その解消を目的として同様の機材が既に使用されている。耐用年数を超えた既存機材の更新と数量不足のための増量を目的とする。
2	汚泥吸引車	タンク容量 4m ³ 級	下水の逆流やオーバーフローによる冠水発生時に緊急処理用に同様の機材が既に使用されているが、下水管・汚水ピットの清掃にも使用する。しかし、数量が不足しているために増量が必要とされる。
3	中型バックホウ	ホイールタイプ	市内の下水溝に汚泥、固形廃棄物等の沈積による内水氾濫が発生している。その解消を目的とした浚渫・ゴミ浚いに必要な機材である。また、下水溝の一部は狭い路地を通過しており小型の機材が必要で、中型及び小型の機材が適切である。
4	小型バックホウ	重量 2.5t 級	
5	バケット・クレーン (クラムシェル)	中型及び小型	ポンプ場の排水ピットの浚渫及び苦情処理による下水溝の清掃・浚渫に必要である。使用場所が狭小地で、アクセスの路地も狭く小型の機材が必要で、中型及び小型の機材が適切である。
6	ダンプトラック	積載量 4t 級	下水溝の清掃作業に伴う汚泥・廃棄物を市外の埋立地に運搬するために必要であるが、数量が不足するため増量する。機材の使用環境に鑑み既存機材の仕様と同等とする。
7	クレーン付トラック	積載重量 2.5t 級 吊能力 2.2t 以上	小型バックホウおよび排水ポンプセットの作業現場への運搬に用いる。緊急時の機動性を考慮し、要請されたトラクターとトロリーから変更された。
8	ピックアップトラック	4x4 ダブルキャビン	冠水等の緊急時に機材及び要員を現場に移動するために使用する。
9	排水ポンプセット	1 及び 2 cfs	雨水、排水オーバーフロー等による冠水対策のため出動させる。現状の使用実態や可搬性から既存機材と同等の仕様とする。
10	ポンプ場内汚水ポンプ	2~25 cfs	機材の老朽化、人口増加に伴う下水量の増大など既存施設の流下能力の低下を招来する状況が発生している。その対策として故障中、耐用年数を超え老朽化した機材との交換および処理量の増大のための交換を行う。仕様と数量は、ポンプ場毎に設定する。
11	同上発電機	50~500 kVA	停電時にポンプ場の機能を維持するために非常電源としてディーゼル発電機を備える必要がある。既存機材が耐用年数を超えているもの、容量が不足しているもの、また予備電源を備えていないポンプ場への設置を目的とする。仕様と数量は、ポンプ場毎に設定する。

出典：Technical Note の内容より調査団作成 (2010)

上記現状の検討に基づき、以下の基本方針を以って各要請機材の調達計画を策定する。

- 下水管の閉塞発生に対しては高圧洗浄車を使用する。管内の閉塞箇所にその直近のマンホールから挿入した高圧洗浄車の噴射ノズルから高圧水を発射し閉塞部分を吹き飛ばすことにより管内の流路を確保する。
- 下水溝の夾雑物堆積に対しては、バックホウ等の掘削機械により浚渫し運搬車輛（ダンプトラック）により運搬、または汚泥吸引車を使用する。掘削機械には様々なサイズがあるため、その対象となる下水溝の大きさや場所によりサイズを決定した上で使い分けることとする。また汚泥吸引車については、高圧洗浄車による洗浄にて発生した汚泥を吸引することを基本とするが、ポンプ場の汚水ピットの洗浄、また冠水発生時の緊急処理用にも使用する。
- 冠水の発生時の排水作業には、可搬式の排水ポンプセットまたは汚泥吸引車を使用する。ポンプ動力は、電源確保の点からディーゼルエンジン駆動とする。
- 既存設備は老朽化が進んでいるものの、使用できる状態にあるものは必要台数に

含める。これにより既存と重複する新規調達機材の数を抑えることとする。

- 掘削機械、輸送車輛も含め、車輛の台数は活動拠点となる排水部の東西両支局、およびその支部の2支局6支部を基本単位として決定する。
- 機材の数量については、プロジェクト目標である市内の冠水被害を軽減すべく日常の被害、苦情処理、問題解決に最低限必要な数量を確保する。
- 基本的な清掃作業については、現在のWASAの活動では系統的な管理がされておらず、2支局6支部の責任範囲における、住民からの苦情処理が中心的業務となっている。このため、ファイザラバード市の市民生活や社会経済活動が安定して確保されるためには日常の清掃作業が重要であることを指導し、新たな体制の構築を支援するものとする。

清掃用機材及びポンプ場用機材の必要台数の検討と調達計画は、以下の通りである。

1) 清掃用機材の計画

① 高圧洗浄車／② 汚泥吸引車

WASAが管轄する下水管全延長1,785kmのうち、WASA所有地図に記入された口径27インチ以上の大型の下水管が3.8%である。地図上に無い口径21インチ以下の下水管が全延長の96.2%を占める。管内の清掃は管径27インチ以上の管では中に人が入ることが出来るものとして、高圧洗浄車と汚泥吸引車による清掃対象外とし、27インチ以下の下水管を対象に管径が小さくなるほど管内堆積物による管閉塞の割合が大きいと考えて管内堆積物土砂量を推定した。ただし、現実には下水が管内を流れていることから管閉塞率を上限50%と設定した。以下に、下水管を5年周期で清掃した場合に必要な高圧洗浄車と汚泥吸引車の式数を示す。

表 3-7 下水管清掃の必要機材台数

下水管全長 (km)	A	1,785
27インチ以下の下水管長 (km)	B	1,716.8
機材1式1日で清掃できる堆積物量 (m ³ /日) (下水道管路施設維持管理積算資料、2009より)	C	1.2~4.5 管径による
1年間の作業日数 (日)	D	250
管内堆積物、土砂量合計 (m ³) 資料-7、表3	E	44,582
機材1式の必要な総清掃作業日数 (日) 資料-7、表3	F	10,803
5年周期で清掃可能な機材式数 (式)	G=F/(Dx5)	8.6→9

出典：WASAデータより調査団分析・作成（2011）

注：清掃作業日数算出方法は添付「資料-7 下水管清掃について」を参照。

現在、WASAは、高圧洗浄車と汚泥吸引車を対で使用する本来の方法を採用していないため、ここではそれぞれ別に検討する。

高压洗浄車

高压洗浄車については、上記により、既存の7台を継続して使用した場合でも、63台の新規調達が必要となる。しかし、現在のWASAの運営・維持管理体制でそれだけの機材を稼働させるのは困難であるため、日常の清掃作業への利用ではなく、WASAの現状に鑑み、主として下水管の閉塞に伴う緊急作業の利用を想定する。このため、WASAによる下水管の閉塞記録から、閉塞発生に伴う緊急出動と本機材の必要台数を検討する。

下水管の閉塞による緊急出動は、住民からの通報に対する浸水、冠水被害の苦情処理である。雨季に限らず住民からの苦情通報は、日常的に頻発しており、問題解決に必要な台数を求める。一方、現在使用可能な既存機材については、それを評価し、継続して利用が可能な場合は調達台数から減ずることとする。既存高压洗浄車の使用可否の判定結果は、機材の老朽化の進行は認められるものの保守管理は行われており、今まで継続的に使用されている既存台数7台を使用可とする。

高压洗浄車の平均作業時間はWASA職員によると、実稼働としての現場稼働実績は2時間であるため、準備、移動時間を含め1台当たり1回の出動に要する時間は4.5時間である。一方、24時間体制の要員シフトで、深夜での緊急出動もあるが、1日の機材作業時間は12時間程度である。したがって、高压洗浄車の必要台数は、下表に示す通り、15台となり、調達台数は、必要台数15台から既存使用可能台数7台を引いた8台とする。

表 3-8 高压洗浄車の必要台数検討

項目	2009年7月～2010年6月
年間下水閉塞回数	14,726.0
1日当たり平均下水閉塞回数	40.3
高压洗浄車の出動時間* (hr)	4.5
1日・1台の出動回数(勤務時間：12時間)	2.7
高压洗浄車の必要台数	14.9→15

*平均作業時間 = 準備・出動 + 現場作業 + 撤収・片付 + ロス
= 1.0 + 2.0 + 1.0 + 0.5 = 4.5hr

出典：WASA 及び世銀データより調査団分析（2011）

要請されている高压洗浄車のタンク容量は4m³である。このクラスの高压洗浄車が持つポンプの噴射能力は、最大200～250Lit/分であり、最大能力で現場作業を行う場合16～20分の稼働時間となる。仮に噴射作業を2時間連続行った場合、ポンプ能力を200Lit/分として、タンク容量は3倍の12m³が必要となる。しかし、実績として確認している容量は最大でも10m³であり、この場合、シャシーが25t級となり、街中の下水管路の清掃には過大となるため、通常タンク容量は4～6m³として水タンク車の支援を得て使用するの

が一般的であるが、WASA 下水・排水部署は水タンク車を保有していない（WASA 上水部署は保有）ため、市内に流れるいくつかの灌漑用水路から給水を行っている（浄水部署から借りる場合もある）。しかし、実際の作業時間 2 時間の間、ポンプの最大能力で噴射し続けることはなく、現場での作業準備や状況確認、堆積物の除去作業などがあり、WASA への聞き取り調査においても、ポンプを稼働するのは 1 回の出動中の稼働は 30 分未満がほとんどである。このことから調達機材については、タンク容量は普及機種となる 4m³ 級、ポンプ能力 200Lit/分級とする。

汚泥吸引車

汚泥吸引車の利用につき、WASA では現状において、管閉塞が原因で溢れ出た不衛生な下水を吸い込み、下水道へ排除する用途に使用している。従い、日本の事例のように、高圧洗浄車と汚泥吸引車が相互に補完する現場作業を行っていないため、本プロジェクトでは多くの台数を必要としていない。現在 WASA は当該機材を 3 台保有しているが、1 台は故障しているため、既存 2 台がフルに稼働しており、メンテナンス等で更に 1 台が稼働を停止すると作業に支障をきたす状況にある。また、今後老朽化が進み故障することを考慮して、少なくとも現状を代替強化できる 2 台の汚泥吸引車の調達が必要となる。これは、新規調達により稼働台数が増えることによって、今後は、i) 本来の下水管閉塞の処理、ii) 冠水被害の対応及び iii) 汚水ポンプ場ポンプピット清掃に使用することが可能となる。

したがって、本来は、汚泥吸引車は高圧洗浄車と同じ台数以上が必要であるが、WASA からの聞き取りにより、高圧洗浄車出動回数の約 4 回に 1 回は汚泥や廃棄物が完全に流れず、汚泥吸引車を出動しているため、苦情回数の約 25% に汚泥吸引車の出動が必要と想定し、今後は新規に 2 台の汚泥吸引車を調達して合計で 4 台を必要とする。

表 3-9 汚泥吸引車の必要台数検討

項目	2009 年 7 月～2010 年 6 月
1 日当り平均下水閉塞回数	40.3
汚泥吸引車出動が必要な回数（約 25%）	10.1
汚泥吸引車の出動時間*（時間）	4.0
1 日・1 台の出動回数（勤務時間：12 時間）	3.0
汚泥吸引車の必要台数	3.4→4

*平均作業時間 = 準備・出動 + 現場作業 + 撤収・片付 + ロス
= 1.0 + 1.5 + 1.0 + 0.5 = 4.0hr

出典：WASA 及び世銀データより調査団分析（2011）

高圧洗浄車と汚泥吸引車の下水管清掃

表 3-10 では、高圧洗浄車と汚泥吸引車 1 台ずつを 1 班として利用し、1 年周期で清掃

した場合の必要な班数を算出した。今回は、計画される機材で作業した場合に何年間で WASA 管轄下水管が清掃を完了できるかを試算する。上記の結果より、本計画で対象とする高圧洗浄車及び汚泥吸引車は以下の通りであり、対で本来の下水管の清掃用として利用可能なのは、4 班となる。また、表 3-10 に示す条件で、一つの班の必要な総清掃作業日数は 10,803 日であり、4 班で作業した場合、2,701 日、即ち 10.8 年の周期で下水管の清掃が可能との結果になる。

表 3-10 下水管清掃班数及び必要清掃年数

機材	必要台数合計	既存機材活用	新規調達	下水管清掃班数
高圧洗浄車	15	7	8	4 式
汚泥吸引車	4	2	2	
機材 1 式の必要な総清掃作業日数 (日)				10,803
4 式で可能な清掃日数 (日)				2,701
1 年間の作業日数 (日)				250
4 班で必要な清掃年数 (年)				10.8

③ バックホウ/④ バケツ・クレーン (クラムシェル)

清掃対象となる WASA 管轄の主要下水溝 7 つと稼働中の汚水ポンプ場ピット 28 ヶ所 (全 35 ヶ所中 7 ヶ所は廃止又は廃止予定となっている) の概略を次に示す。WASA 管轄内には、計 62.2km の下水溝があり、その中でも今回選定した主要な下水溝は 46.5km である。これらの 7 つの下水溝の堆積物が冠水被害の発生原因として挙げられるため、そのすべてを清掃対象にしている。また、35 のポンプ場には、大なり小なりピットが存在し、現在その内 28 ヶ所が稼働しているため、これら 28 ヶ所を清掃対象としている。なお、ポンプ場の円形ピットの直径、深さはポンプ場により様々であるが、ピット底 1m 程度の堆積物を除去対象としている。

表 3-11 清掃作業対象施設

主要下水溝		延長 (m)	幅 (m)	深さ (m)	最大堆積厚 (m)	延長×幅×厚 (m ³)
1	Channel #1F	8,747	1.8	1.7	0.8	12,596
2	Channel #1G	2,550	3.0	1.9	1.4	10,710
3	Channel #1	9,813	4.8	1.8	1.2	56,523
4	Channel #2	4,173	1.8	0.9	0.6	4,507
5	Channel #3	5,273	3.3	2.0	1.1	19,141
6	Channel #4	12,599	3.6	2.1	1.1	49,892
7	Sullage Drain	3,360	3.9	2.4	1.1	14,414
合計		46,515				167,783
		最大	4.8	2.4		
		最小	1.8	0.9		
8	ポンプ場ピット	直径 (m)		深さ (m)	堆積厚 (m)	底面積×厚×ポンプ場数 (m ³) 20 m ² ×1m×28 ヶ所 =560
		最大 10 平均 5 程度		最大 12 未満	1 程度	

WASA より提供された上記データを見ると、その堆積厚が深さの 5 割以上を占めており、仮にその堆積厚全てが汚泥・堆積物として算定した場合の堆積量は膨大な量となる。そのため表に示された堆積厚は、サイフォン構造等により廃棄物が溜まり易い箇所における測定値であって、下水溝全線にわたる測定結果の平均値ではなく、またその堆積物のほとんどが廃棄物（ゴミ）であると推測される。日本における下水道の例ではあるが、汚泥の 99%は水分で、乾燥床に入る前の状態においても 97%が水分である。このことから算定される堆積量全量を浚渫対象とすることは非現実的である。

一方、汚泥の堆積が無いということはあるが、そのほとんどが水分であるため、浚渫時に攪拌されることによって、下流へと流下していくことになると考えられる。実際、WASA における下水管閉塞箇所の作業状況を見ると、高圧洗浄車により流されたゴミは取り除くものの、汚泥は下流へと流下させている。そのため、下水溝および下水管とも、流下した汚泥はポンプ場ピットに堆積していくこととなり、ポンプ場ピットにおける廃棄物は、ピット底に体積する汚泥がメインとなる。

このようなことから除去対象となる堆積物量を、ア) 下水溝、イ) ポンプ場ピットに分けそれぞれ次のように想定する。

ア) 下水溝

市内を流れる下水溝は、道路を伏越し横断するサイフォン構造となっている箇所が多いことに加え、サイフォンとなっていない場合においても溝幅が狭くなっている箇所がある。このため、堆積物が表 2-8 の堆積厚程度に溜まっている箇所はそういった部分であると想定し、下水溝が横断する道路部分を航空写真などから読み取った結果から下水溝延長全体の 20%とする。さらに除去対象となる堆積物の浚渫可能な固形物量（それが水中にあるため浚渫時における体積減分を含め）を 50%とする。

$$\text{対象浚渫物量} = 167,783\text{m}^3 \times 0.2 \times 0.5 = 16,778\text{m}^3$$

イ) ポンプ場ピット

表 2-8 に示された 560m^3 と、下水溝浚渫時に流下する汚泥量の合計とする。流下する汚泥量は浚渫される固形物の残り半分とし、さらにそのほとんどが水分であるため、前述の日本の下水道における水分量を参考として、99%の含水率が浚渫により 97%の含水率になると仮定して浚渫対象物量を算定する。

$$\text{対象浚渫物量} = \{(167,783\text{m}^3 \times 0.2 \times \frac{1}{2}) + 560\} \times (100 - 99) \div (100 - 97) = 5,779\text{m}^3$$



現有バックホウ



現有バケット・クレーン
(機械ロープ式クラムシェル)

下水溝に堆積した堆積物の除去・浚渫に、現在 WASA では 10t 級母機のホイール式バックホウ 1 台（上写真左、平積み 0.6m^3 級）と、吊能力 25t 級のホイール式ラチスジブクレーンを母機としたバケット・クレーン（上写真右）を使用している。バックホウについては調達が 2003 年と比較的新しく、また、埋設配管のメンテナンス等（WASA は上水道の所管官庁でもある）掘削機としての利用頻度も高いため所有する 1 台がフル稼働状態にある。一方、バケット・クレーンについては 1987 年の調達と古いが、浚渫作業にも適した当該機材の構造が下水溝のゴミの除去に有効なことから、2 台が高い頻度で利用されている。そのため WASA からの要請優先度は高いが、現在どのメーカーにおいてもホイール式ラチスジブクレーン（機械ロープ式クラムシェル）を製造していない状況のため、その代替機能を有する機材の調達が必要である。なお、ファイサラバード市は人口約 270 万の大都市であり、市街地では大通りを外れると狭小な生活道路となる。そのため掘削機にはそれらのアクセスを考慮した機動性が要求され、ホイール式で自走するか、運搬が容易な仕様の小型・中型の機種を基本とし、その作業対象の大きさに適した機種を選定する。



図 3-2 市街地下水溝清掃の現況

図 3-2 市街地下水溝清掃の現況

表 3-11 から、主要下水溝に対しては中型（バケット容量 0.2m^3 級、最大垂直掘削深 4.5m、作業半径 4m）のバックホウにて全て対応可能である。また市街地内にある下水溝においては路地内の狭小地も含まれ、そのような場所においては現状人力にて清掃作業が行われている（左写真）が、危険であることに加え非衛生的でもあり、機械による作業に代替することが望ましく、平面寸法が普通自動車サイズの小型バックホウ（バケット容量 0.08m^3 級、最大垂直掘削深 2.4m、作業半径

一方、市内各所に点在するポンプ場においては、その汚水流入ピットの深さが、地表から-10～12mである。このためバックホウによる作業は不適であるためクラムシェル(バケット・クレーン)が必要となる。現在 WASA が使用しているバケット・クレーンは、ホイール仕様のラチスジブ型 12t 吊クレーンであるが、自走できるため移動には問題ないものの小回りが効かないことに加え老朽化が進んでおり、その補完/代替としてのバケット・クレーンが要請されているが、ホイール仕様のバケット・クレーン(クラムシェル)は、ラチスジブ型およびテレスコピック型ともに現在生産されていない。クローラ仕様の機材であれば要請仕様を満たす物はあるが、ファイサラバード市内を移動するには大型トレーラーが必要となる。このことから機動性に優れ且つ仕様を満たすクレーンを選定すると、必然的にラフテレーンクレーン(ラフタークレーン)となるが、クラムシェルバケット利用の可否において各メーカーに問合せたところ、技術的には可能であるとの回答を得ているが、標準品として製品化されておらず、またアフターサービスの問題もあるため、設計の段階においてラフタークレーンを採用したとしても応札業者が現れない可能性が高い。このためバケット・クレーンの調達について、水量の多くなる雨季(緊急性が高い場合)においては、バックホウのオプションとして油圧クラムシェルバケットとスケルトンバケットを装備することにより対応し、水量の少ない乾季(緊急性が低い場合)においては汚泥吸引車および人力により対応することとした。なおバックホウのオプションとしてのクラムシェルバケットおよびスケルトンバケットは下水溝の清掃にも有効であるため、調達することとする。

上記方針の下、WASA 管轄の下水溝及びポンプ場ピットを1年周期(年間250日作業)で清掃する場合における機材の必要台数を次に算定する。

なお、深いポンプピットは既存バケット・クレーンにて対応、汚泥は汚泥吸引車(深度10m程度まで吸引可能)にて吸引する。バックホウは掘削可能深度最大5m前後のため、市街地内の小規模ポンプピットと下水溝に用いる。

各掘削機の作業能力については、本計画での下水溝の浚渫作業が、水中にて緩んだ状態の汚泥を積込む作業であるため、国土交通省土木工事積算基準、2章土工の機械土工におけるルーズな状態の積込み作業(締固められず放置/仮置きされた状態の掘削された土を、改めてダンプ等に積込む作業)に等しいと判断し、国土交通省の基準(掘削機の作業能力)を利用する。

このような条件にて、下水溝とポンプ場ピットの日当たり必要(浚渫)作業量を、各掘削機の日当たり作業能力で除することにより、掘削機の必要台数が算定される。

$$\text{必要台数} = \frac{\text{日当たり必要作業量} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{日}} \right)}{\text{日当たり掘削機作業能力} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{日}} \right) / \text{台}}$$

表 3-12 掘削機の作業能力による必要台数

浚渫対象		浚渫量 (m ³ /250 日)	日当作業量 (m ³)
下水溝		16,778	67
ポンプ場ピット		5,779	23
作業機械		作業能力 (m ³ /日)	必要台数*
既設機材	バックホウ：平積 0.6m ³ ×1 台	310	1
	クラムシェル：平積 0.8m ³ ×2 台	260	1
検討機材	中型バックホウ：平積 0.2m ³	44	2
	小型バックホウ：平積 0.08m ³	23	2

*それぞれの機材が単独で作業する場合

上記の表は、既存の掘削機があれば新規に調達せずとも堆積物は 1 年以内で除去可能ということを示している。しかし前述したように、既存の機材は市内の狭小地での作業は不可能である。またバケット・クレーン（クラムシェル）は老朽化も進んでいることに加え、現在どのメーカーも製造しておらず、今後長期にわたり継続使用することは現実的ではない。さらに既存バックホウは WASA で 1 台保有するのみで、上水部門も含めた他の作業でもフル稼働の状態にある。

このため狭小地での作業と、市街地での機動性を確保しつつ必要な作業を迅速に行うために、市の東部と西部を分担すべく中型および小型バックホウをそれぞれ 1 台ずつ調達する事とする。

表 3-13 調達掘削機のサイズと数量

対象	機材名	バケット容量 (m ³)	配置	数量 (台)
市街地内下水溝	小型バックホウ*1	0.08m ³ 級	排水部	2
主要下水溝	中型バックホウ*2	0.2m ³ 級	同上	2
ポンプ場ピット	中型バックホウ+オプション*3		※バックホウにて代替	

*1：東西に分割される対象地域それぞれにおける運用上の利便性を図るため、必要最低限各支局 1 台ずつ調達する。

オプションとして下水溝のゴミ類を取り除くためスケルトンバケットを調達する。

小型バックホウにはホイールタイプがないため移動手段として別途汎用に調達する 4t クレーン付トラックを利用する（メーカーにより重量が異なるため、車載のための重量制限から標準バケット容量を 0.1m³ 級以下とした）。

*2：東西に分割される対象地域それぞれにおける運用上の利便性を図るためそれぞれ 1 台ずつ調達する。

機動性を確保するためホイールタイプとする。

オプションとして下水溝のゴミ類を取り除くためスケルトンバケットを、水面下の沈殿物を除去するためクラムシェルバケットを調達する（備考 3 参照）。

*3：要請は 4 台であるが、コスト縮減の工夫として中型／小型バックホウを用途に応じて配置し、さらに中型バックホウ用にクラムシェルバケットおよびスケルトンバケットを、小型バックホウにはスケルトンバケットのみをオプションとして調達する。

⑤ ダンプトラック

WASA は既存クラムシェルおよび既存バックホウによる作業にて発生する廃棄物および汚泥の運搬に、2000年に調達した積載量4t級ダンプトラック2台を充てているが1台は故障している（その後、2012年2月の調査段階に残る1台も使用不可能と判明）。本来であれば発生する廃棄物・汚泥量に対し、それを現場に留め置くことなく逐次廃棄物処分場に運搬可能な台数の運搬車両が必要であるが清掃車両（掘削機）1台に対し1台の運搬車両を割り当てる必要があるところ、絶対数が不足しているため浚渫時に発生した汚泥が下水溝脇に野ざらしにされる状況が発生している。このような浚渫汚泥の最終処分場までの搬送も WASA の責任であるため、調達数は既存の掘削機、運搬車両および新規調達する掘削機に合わせることを基本とする必要がある。

運搬車両の必要台数は、ア) 運搬車両の定格積載量、イ) 廃棄物の発生地点から廃棄物処分場までの運搬距離と廃棄物の発生量から算定する。

ア) 運搬車両の定格積載量

積載量については0.35tから超大型まで様々なサイズが存在する中で、処分地との往復を考えるとなるべく大型の物が良いが、掘削機と組み合わせて使用する都合上、市街地内への乗り入れ可能なことが必要条件となる。このためそれぞれの掘削機が対象とする作業場所に合わせたサイズとすることも考えられる。しかしその一方で、特定サイズの運搬車をそれぞれの掘削機に割り当てることは、互換性を失い柔軟な車両の運用を妨げることから可能な限り同一サイズとすることが望ましく、一般的な車両サイズである中型（積載量2t～4t級）から選定することとする。

表 3-14 中型ダンプトラックの車両サイズと旋回半径

諸元	積載量 2t 積	積載量 4t 積
全長(mm)	4,700 前後	5,400 前後
全幅(mm)	1,700 前後	2,200 前後
回転半径(mm)	5,200 前後	4,800 前後
回転角度(度)	90	
最小道路幅員(mm)	3,300 前後	3,800 前後

上表から判るように90°旋回時における必要最小道路幅員は、車両全幅の差と等しく4t積が50cmほど大きくなるが、これは右左折時における進入側もしくは進行側の最小必要幅員である。これは、一般に普通自動車に対面通行可能とされている最小道路幅員である4mよりは小さく、図3-2に示した市街地下水溝の写真のような場所（目測で壁と壁の距離は約3m）であっても、その進入路が4m以上あれば4t積ダンプトラックでも進行可能ということを示している。

このため 2t 積ダンプトラックは積載量の点からの優位性が低いことに加え、車輛寸法についても作業面での大きな差はない。また、維持管理の面では、後述するクレーン付トラックと同じ 4t 積シャシーに統一することで部品の互換性が得られる。掘削機に合わせた調達台数については新規調達の中型、小型バックホウ各 2 台（計 4 台）に対応するものとして 4 台が必要となる。また既存のバックホウ 1 台とクラムシェル 2 台も活用することから、それらに対応する 3 台も必要となる。このため 4t 積ダンプトラックの新規調達台数は総計 7 台となる。

イ) 廃棄物の発生地点から廃棄物処分場までの運搬距離

TMA が運搬処理している廃棄物の搬出先は、市街地外輪の北部と東部に位置しており、主に鉄道を境として市街地の西エリアは北部、東エリアは東部の処分場へそれぞれ運搬されている。下水溝および各下水ポンプ場から発生する廃棄物も同様に、東西両支局の管轄エリアにおいて、それぞれ北部と東部の処分場へ運搬することとなる。

下水溝から発生する廃棄物については「線から点」の運搬となるため、運搬距離は一概に何 km ということができない。このため、連続している下水溝も含めた各下水溝の配置状況を勘案し、全体として主に端点と中間点からの運搬となるよう、廃棄物積込地点を想定し、それぞれの積込地点から処分場への距離を計測した。なお各下水ポンプ場からの運搬は「点から点」の運搬であり、下水ポンプ場は市内に満遍なく点在しているため、想定した下水溝の積込地点からの運搬距離にほぼ等しいこととして、下水ポンプ場からの運搬距離の計測は割愛する。



図 3-3 主要下水溝から処分場までの廃棄物運搬距離

4t 積ダンプトラックの単位運搬量当たり運搬時間（日数）については、現地に基準となる歩掛がないため、日本の国土交通省土木工事積算基準（平成 23 年度版）42 ページに示された「表 7.1 ダンプトラック運搬日数（10m³ 当り）」の「DID³区間：有り」を適用することとし次に示す。なお想定した運搬距離に当てはまらないものについては省略する。

表 3-15 ダンプトラックの運搬日数

ダンプトラック運搬日数（10m ³ 当り）					
運搬距離（km）	7.0 以下	9.0 以下	12.0 以下	17.0 以下	27.0 以下
運搬日数（日）	0.6	0.8	0.9	1.1	1.5

出典：日本の国土交通省土木工事積算基準（平成 23 年度版）

図 3-3 に示したように、東西両支局とも平均運搬距離は 12km を越え 17km 以下となる。従い 1 日で運搬可能な量は表 3-15 から逆算し、 $10\text{m}^3 \div 1.1 \text{ 台} \cdot \text{日} = 9.1\text{m}^3/\text{台} \cdot \text{日}$ と算定される。

1 日で発生する廃棄物の発生量は前項③／④の表 3-12 で示した 67m³/日であり、これを運搬するのに必要なダンプトラックは、 $67\text{m}^3/\text{日} \div 9.1\text{m}^3/\text{台} \cdot \text{日} = 7.4 \text{ 台}$ となる。

上述のように既存ダンプトラックは現状全て使用不能であり、1 日で発生する浚渫廃棄物を運搬するのに必要な台数に対し不足している。また、既存と新規調達を合わせ、廃棄物の浚渫に供される掘削機は 7 台であり、最低限の必要台数として、それぞれの掘削機の作業に合わせた運搬機械を調達することとし、4t 級ダンプトラックの新規調達台数を総計 7 台とする。

表 3-16 掘削機と運搬車輛の対応数量

掘削機			運搬車輛	
既存	バックホウ	1	4t 級ダンプトラック	0
	クラムシェル	2		
新規調達	中型バックホウ	2	4t 級ダンプトラック (掘削機計 - 既存運搬車輛)	7
	小型バックホウ	2		
計				7

³ 原則として人口密度が 1 平方キロメートル当たり 4,000 人以上の基本単位区等が市区町村の境域内で互いに隣接して、それらの隣接した地域の人口が国勢調査時に 5,000 人以上を有する地域を「人口集中地区=DID」

⑥ クレーン付トラック

当初の要請は排水ポンプセットの運搬用として、小型トラクターと運搬カーゴ（トロリー）のセットであったが、排水ポンプの現場への搬入は緊急性を要することと、通常の清掃作業として③の小型バックホウを運搬する必要性から調査時においてクレーン付トラックに変更された。数量については当初要請において、排水ポンプセットが東西両支局の 6 支部に対して配置することを前提としていたため 6 セットであったが、クレーン付トラックとすることで機動性を持たせることと、小型バックホウを 2 台新規調達することから、それに合わせて排水部に 2 台配置とする（要請のオプション 2 採用）。なお、現在排水ポンプセットの運搬については、既存の車輛やロバで引くトロリー等を使用しており、引き続きそれらも活用しながら現場への距離や緊急性に応じた運用を行う。従い、クレーン付トラックは、バックホウの現場への運搬と基地に戻る時に使用する他、排水ポンプセットの運搬にも利用が想定される。

サイズについては小型バックホウ（標準バケット容量 0.08m³ 級）の重量と、クレーン付ということから 4t 級とする。これは、上記ダンプトラックと同じ 4t 級のシャーシであり、維持管理を考慮した効率性からも良好である。しかし、クレーン付トラックは、ダンプトラック用途である廃棄物や汚泥の運搬には使用しないように注意する必要がある。

⑦ ピックアップトラック

WASA 維持管理担当職員の移動用車輛は、既存 3500cc ピックアップトラック 1 台のみである。1990 年調達のピックアップトラック 1 台は、唯一維持管理用車輛として西支局の配属となっているが、唯一 1 台のため現場作業における職員の移動についてはほとんどの場合作業車輛に同乗するか、自家用バイク、または公共交通機関を利用せざるを得ない状況にあり機動性に欠けている。また、20 年以上連続使用しているため、老朽化して頻繁に修理が必要であり、今後の使用は支障を来すことが予想される。

このため現場職員の迅速な移動と、工具類や小型の清掃道具の運搬も行うことが可能であるピックアップトラックを新規調達する予定であったが、2011 年 4 月から、州の開発予算を用いて、いかなる車輛の調達も認められないという決定がなされたため、ピックアップトラックの調達は見送ることとする。

⑧ 排水ポンプセット

下水溝・下水管の閉塞による冠水被害の苦情を受け、排水ポンプセットおよび（または）汚泥吸引車を出動させ対応を行っている。WASA は現在 1/2cfs の小型排水ポンプセットを 70 セット保有／運用している（内 17 セットは故障）が、要請はより大型の 1 および 2cfs の排水ポンプセットとなっている。一方、排水ポンプセットの最大の利用目的は、雨季における低地地域や道路の冠水被害を迅速に解消することにあるため、排水ポンプセ

ットの操作員及び補助員の多くは、雨季限定の雇用により運用費用の効率化を図っている。

排水ポンプセットの作業時間については、2010年7月における冠水の復旧状況の聴取によると、冠水面積の大小はあるが、排水ポンプセットや作業員を動員した結果、12時間程度で冠水が解消し始めることから、平均作業時間を12時間とし、準備時間を含め1台当たり1回の出動に要する時間は14.5時間となる。

新規調達台数については、現状の苦情処理に必要な台数を算定し、使用できる機材数を減じて算出する。既存の排水ポンプセットの使用可否判断は、老朽化の進行があるものの保守管理は行われていることから、今まで継続的に使用されている現実を踏まえWASAの調査結果を採用した。

表 3-17 下水・排水に対する苦情回数と排水ポンプセット必要台数検討

項目	2009年7月～2010年6月
年間苦情回数	25,500.0
1日当りの苦情回数	69.9
勤務時間(hr)	14.5
排水ポンプセット作業時間*(hr)	14.5
1日/1台の出動回数	1.0
排水ポンプセット必要台数	69.9→70

*平均作業時間 = 準備・出動 + 現場作業 + 撤収・片付 + ロス
 = 1.0 + 12.0 + 1.0 + 0.5 = 14.5hr

出典：WASA 及び世銀データより調査団分析（2011）

調達台数の検討については、上表 3-17 に示す通り、排水ポンプセットを利用する冠水タイプの苦情は増加している。このため、最近の年度（2009年7月～2010年6月）の年間苦情回数に基づく、必要台数は70セットとなる。一方、現状の既存機材の調査結果から使用可能な台数は53セット存在するため、新規調達は必要台数（70セット）から既存台数（53セット）を引いた17セットとなる。

ポンプ能力（容量）については、調達台数が単に故障している機材の代替という結果になっており、既存と同等とすれば容量は1/2cfsとなる。しかし、苦情件数増大への対応と苦情処理能力の向上（処理時間の短縮）を図ることが必要であり、要請の容量においても、大型のポンプが望まれている。このため、ポンプ容量については、運用と維持管理の利便性から、要請台数の多い1cfsで統一することとする。なお動力については停電が頻発する現地の電力事情を考慮し、要請に含まれていた電動モータータイプの機材は採

用せず、エンジン駆動の機材とする。

2) 清掃用機材計画のまとめ

上記の通り本プロジェクトでの調達機材の仕様と数量を検討し、その結果に基づき2012年2月に「パ」国側と概略設計について協議を行った。その際にパンジャブ州政府から、連邦政府および同州政府の車輛調達に関する2011年以降の方針に照らして新規のピックアップトラックの調達は不可能との見解が伝えられ、対象から除外された。一方で、概略設計説明時の現地視察時に2010年11月から12月の現地調査時点で稼動していた既存のダンプトラックが使用不能となっている状況が判明したことから、新規調達台数を1台増やすこととなった。それらの結果として清掃用機材に関する最終的な調達計画は以下の通りとなる。

表 3-18 清掃用機材の計画内容

No.	機材	主な仕様	必要数	既存数		新規調達数
				総数	活用数	
1	高圧洗浄車 Jet machine	タンク容量 3,500 lit 以上、 ポンプ能力 約 200 lit/分	15	7	7	8
2	汚泥吸引車 Suction machine	容量 3,500 lit 以上	4	3	2	2
3	中型バックホウ Wheel Backhoe	0.2 m ³ 級、オプション：油圧 クラムシェル、スルトンバケット	3	1	1	2
4	小型バックホウ Mini-Backhoe	0.08 m ³ 級、重量 2.5t 以下 オプション：スルトンバケット	2	0	0	2
5	バケットクレーン Bucket Crane	クレーン能力 25t 吊	4	2	2	0
6	ダンプトラック Dump truck	積載量 3,500 kg 以上	7	2	0	7
7	クレーン付トラック Crane truck	積載量 2,500 kg 以上、 クレーン吊能力 2.9t	2	0	0	2
8	ピックアップトラック Pick-up truck	4x4 ディーゼル、ダブル キャビン	6	7	6	0
9	排水ポンプセット Dewatering set	1 cfs (Diesel)	70	70	53	17

3) ポンプ場用機材の計画

⑨ 汚水ポンプ

WASA との協議の結果、幹線排水路の近くに設置される主要ポンプ場の中から、以下の4ヶ所が本計画の対象として選定された。

- No. 1 PS-3 Chokera
- No. 3 PS-31 Satiana Road
- No. 4 PS-36 Ahmad Nagar

● No. 7 PS-30 Bawa Chak

これらのポンプ場はいずれも現在 WASA が進める下水施設の増強計画により、近い将来における排水能力不足が想定されるものである。

ファイサラバード市では年 3.8%の人口増が見込まれており、本検討は 5 年後の 2015 年を計画年次として考える。汚水量は各ポンプ場の流域の 2015 年人口と 1 人 1 日最大汚水量 (180lit/人/日)⁴から求め、各主要ポンプ場へ流入する生活汚水量として次に示す。

表 3-19 主要ポンプ場へ流入する生活汚水量

主要ポンプ場	現在人口 (2010 年、人)	2015 年人口 (人)	1 人 1 日最大汚水量 (lit/人/日)	日最大汚水量 (m ³ /日)
PS-3	600,000	720,000	180	129,600
PS-31	250,000	300,000	〃	54,000
PS-36	250,000	300,000	〃	54,000
PS-30	150,000	180,000	〃	32,400
計	1,250,000	1,500,000		270,000

出典：WASA 資料 備考：1,000 lit = 1 m³

汚水以外の工場廃水やその他排水は WASA と協議の上、排水流量を決定した。次に各ポンプ場へ流入する排水 (汚水+工場廃水+その他排水) 量と、その結果から算定する更新ポンプを示す。なお、その他排水は、生活汚水、工場廃水以外の排水として、営業所 (商業地域、官庁、学校、病院、会社、事務所等) から排出される汚水である。

表 3-20 主要ポンプ場へ流入する合計汚水・排水量

主要ポンプ場	日最大下水量 ⁵ (2015 年)				
	汚水量	工場排水量	その他排水量	流入下水量	
	(m ³ /日)	(m ³ /日)	(m ³ /日)	(m ³ /日)	(cfs)*
PS-3	129,600	60,390	93,118	283,108	115.7
PS-31	54,000	120,780	55,871	230,651	94.3
PS-36	54,000	108,702	27,935	190,637	77.9
PS-30	32,400	72,468	37,247	142,115	58.1
計	270,000	362,340	214,171	846,511	346.0

出典：WASA 資料

* 1 cusec = 0.02832 m³/sec

⁴ WASA が使用する原単位については、現在我が国無償事業として実施中の「ファイサラバード上水道整備計画」において、2012 年の施設完成後の給水原単位を最大 150 リットル/人/日としている点からは、自家用の井戸など上水道以外の水源を併用する当該地の水利用状況からは、妥当とされる。

⁵ 時間最大汚水量を日最大汚水量から算出することが困難な場合に一般的に用いる公式がバビット係数による時間最大の推定で、管きよのある排水人口に応じて求まる M (バビット係数) を乗じて推定値を出す。 $M=5/(人口/1000)^{1/5}$

日最大下水流入量からバビット係数による時間最大下水流入量を以下の通り算出した。

表 3-21 時間最大下水量の算出

主要ポンプ場	日最大下水流入量 cfs	バビット係数	時間最大下水流入量 cfs
PS-3	115.7	1.34	155.2
PS-31	94.2	1.60	150.5
PS-36	77.9	1.60	124.5
PS-30	58.1	1.77	102.8

次に、合流式の雨天時下水量を算出する場合、以下の仮定を適用する。

- ・ 降雨面積：主要ポンプ場を含む市内大型ポンプ場 9ヶ所を市内面積 15km×15km に割振った 25km² をポンプ場毎の降雨面積とする。
- ・ 降雨量：確率年 5 年の降雨量 92mm/日を使用（資料 3 参照）
- ・ 流出係数：砂地を考慮し、0.25 とする（P.22 脚注 3 参照）
- ・ 流入時間：降雨後にポンプ場に到達する雨水については、流速を約 10km/時（3m/秒）とし、ポンプ場よりの平均距離 5000m の範囲からの到達時間を 0.5 時間とする。したがって、1 時間当たりの雨水量が、1.5 時間でポンプ場に流入すると想定する。

雨水量の算出式：

$$25\text{km}^2 \times 0.092\text{m/日} \times 0.25 / (24 \text{ 時間/日} \times 60 \text{ 分/時間} \times 60 \text{ 秒/分} \times 1.5 \text{ 時間}) / 0.02832\text{m}^3/\text{秒}$$

以下に、合流式の雨天時下水量及びそれによる必要ポンプ台数の算出結果を示す。

表 3-22 雨天時下水量及び必要ポンプ台数

主要ポンプ場	時間最大下水流入量 cfs	雨水量 cfs	雨天時下水量 cfs	必要ポンプ台数	既設ポンプ容量 (故障含む) cfs
PS-3	155.2	156.7	311.9	25cfs×12, 15cfs×1	80
PS-31	150.5	156.7	307.3	25cfs×12, 10cfs×1	65
PS-36	124.5	156.7	281.2	25cfs×11, 5cfs×1	62
PS-30	102.8	156.7	259.5	25cfs×10, 10cfs×1	39

上記の通り、時間最大下水量及び雨天時下水量から必要ポンプ台数を算出したが、日最大下水量、時間最大下水量、合流式の場合の雨天時下水量について検討した場合、現状のポンプ容量とかけ離れた巨大な容量が必要になる。したがって、調査時に WASA より入手した 2015 年時点の予測データにより能力強化に必要なポンプ容量を算出し以下に示す。なお、算出された流入下水量およびポンプ容量の妥当性の確認に当たっては、各ポンプ場施設の具備する諸元に基づく可能最大流入量と流出量に照らして適正規模の範囲

であるか検証した。その詳細については、資料-8 に示す。

表 3-23 主要ポンプ場の必要ポンプ更新

主要ポンプ場	流入量 (cfs)	既設容量 (cfs)	設置年	状況 ⁶	更新内容	備考
PS-3 Chokera		15	2000	故障	更新→25	能力不足、故障ポンプを不足分の 25×2 台に更新する
		15	2000	故障	更新→25	
		15	2000	稼動	継続	
		15	2010	稼動	継続	
		25	2010	稼動	継続	
		25	2010	稼動	継続	
計	115.7	80			130	
PS-31 Satiana Road		15	1998	故障	代替→25	能力不足、全てのポンプを 25×4 台に更新する
		15	1998	稼動	更新→25	
		25	1988	老朽化	更新→25	
		25	1988	老朽化	更新→25	
計	94.3	65			100	
PS-36 Ahmed Nagar		15	1998	稼動	更新→25	能力不足、15×2 台を 25×2 台に増 強する
		15	1998	稼動	更新→25	
		15	1998	稼動	継続	
		15	1998	稼動	継続	
計	77.9	60			80	
PS-30 Bawa Chak		13	2000	稼動	継続	能力不足、25×1 台を増設するこ とで不足分を補充する
		13	2000	稼動	継続	
		13	2000	稼動	継続	
					増設→25	
計	58.1	39			64	

これにより 25cfs のポンプを合計 9 台新規に調達する。

⑩ 発電機

ポンプ場の動力源としてファイサラバード市の電力供給事情も考慮した。同市では停電が通年で発生しているため、非常時運転用ディーゼル・エンジン付発電機の必要性が高いため、ポンプ更新に伴い、必要な非常用発電機の設置を前提とする。

4ヶ所のポンプ場で新規に調達が必要となる発電機の台数について、上記のポンプ台数の検討から得た 2015 年のポンプ容量をもとにその時の電力量を、全揚程 15m、効率 0.9 として算定する。ポンプの軸動力は、吐出し量、全揚程およびポンプ効率によって次式より求める（下水道施設計画・設計指針と解説（日本下水道協会編））。

⁶ 「老朽化」とされる機材は、既に設置から 20 数年から 30 年以上経ているものであり、国土交通省が改築を認める経過年数である 15 年を超過しており、故障発生の可能性が高い。「稼動」とされる機材については、設置から 15 年未満となっており相対的に故障頻度は低いと考えられる。

$$L = \frac{1}{60 \times 10^3 \times \eta} \rho g Q H$$

$$\left(L = \frac{0.163 \gamma Q H}{\eta} \right)$$

ここに、

L : ポンプの軸動力(kW)

ρ : 揚液の密度(1000kg/m³)

g : 測定場所での自由落下の加速度で、9.80m/s²とする。

Q : ポンプの吐出し量(m³/min)

H : ポンプの全揚程(m)

η : ポンプの効率

(γ : 揚液の単位堆積当りの質量(kgf/lit))

表 3-24 主要ポンプ場のポンプ運転容量とその必要電力量

主要ポンプ場	流入量 (必要排水量) (cfs)	必要電力量		非常用電力 (kVA)		必要発電機容量 (kVA)			
		kW	kVA	既設	不足	650	350	300	150
PS-3 Chokera	115.7	534	628	0	628	1			
PS-30 Bawa Chak	58.1	268	315	0	315		1		
PS-31 Satiana Road	94.3	435	512	300	212			1	
PS-36 Ahmed Nagar	77.9	360	423	300	123				1
モーター力率 Cos θ =0.85		計				1	1	1	1

*上記の計算式により、発電機の必要電力量はkWで計算されれば、発電機の表示はkVAが多いため、ここで換算する。

2010年11月から12月の現地調査に際しては、対象となる4ヶ所全てのポンプ場に予備用として発電機が設置されていたが、2012年2月の概略設計説明時にPS-3 ChokeraとPS-30 Bawa Chakの既設発電機が仮設として設置されたものとわかった。それらについては、既設の発電機がないものとして、上記の通り各ポンプ場について必要な容量に対する既設機材の不足分を補うべく必要な使用と台数を決定した。

4) 交換部品、消耗品の計画

本計画の交換部品については全て汎用品となるため、新規購入時におけるメーカー標準の交換部品/予備品のみとする。

(3) 機材の配置計画

上記で説明した機材計画の結果に基づき、既存の機材も活用することにより、下水管・下水溝清掃用及び冠水対策用の機材の台数に沿って、以下の通り配置を計画する。また、各支局及び支部の敷地には、これらの機材を保管する駐車場や収納場所は確保されている。

表 3-25 清掃用機材の配置計画

No.	機材名	配置先	新規調達	既存活用
1	高圧洗浄車 Jet Machine	西支局・3支部	4	3
		東支局・3支部	4	4
2	汚泥吸引車 Suction machine	西支局	1	1
		東支局	1	1
3	中型バックホウ Wheel Backhoe	排水部	2	1
4	小型バックホウ Mini-Backhoe	排水部	2	0
5	バケットクレーン Bucket Crane	排水部	0	2
6	ダンプトラック Dump truck	排水部	7	0
7	クレーン付トラック Crane cargo truck	排水部	2	0
8	ピックアップトラック Pick-up-truck	排水部	0	6
9	排水ポンプセット Dewatering set	西支局・3支部	12	23
		東支局・3支部	5	30
総計 (台)			40	71

*ファイサラバード WASA 本部及び西支局の両事務所は同じ敷地内に存在する。

上記の機材計画により、ファイサラバード市内 4 ヶ所の主要ポンプ場へのポンプ類及び発電機の設置計画は以下の通りである。

表 3-26 ポンプ及び発電機の配置計画

設置予定ポンプ場	ポンプ		発電機			
	15 cfs	25 cfs	150 kVA	300 kVA	350kVA	650 kVA
PS-3 Chokera	-	2	-	-		1
PS-31 Satiana Road	-	4	-	1		-
PS-36 Ahmed Nagar	-	2	1	-		-
PS-30 Bawa Chak	-	1	-	-	1	-
小計 (台)	-	9	1	1	1	1
合計 (台)	9		4			

3-2-3 概略設計図

以下の設計図を添付する。

- ・ 清掃用機材及びポンプ場用機材配置先一覧
- ・ ポンプ場ポンプ配置設計図
- ・ ポンプ場既設排出先設計図